



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 10078623

(43)Date of publication of application: 24.03.1998

(51)Int.Cl.

G03B 33/12
G02F 1/13
G03B 21/00
G09F 9/00
H04N 5/74
H04N 9/31

(21)Application number: 09017311

(71)Applicant:

FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing: 14.01.1997

(72)Inventor:

KOBAYASHI KENICHI
HAMADA TSUTOMU
SAKASAI KAZUHIRO
FUJIMAGARI KEIJI

(30)Priority

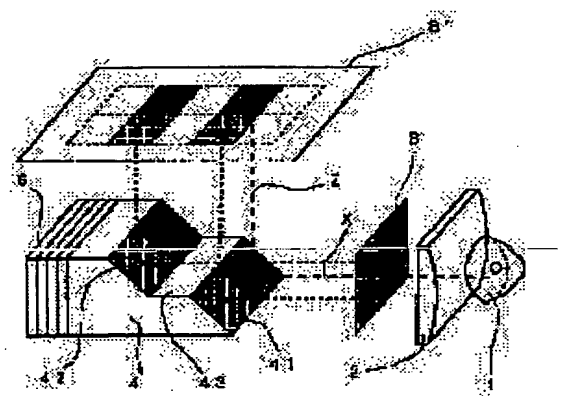
Priority number: 08197114 Priority date: 08.07.1996 Priority country: JP

(54) PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projection type display device capable of displaying a picture with high resolution without lowering the transmissivity of light and contrast as the projection type display device performing large-screen display by enlarging and projecting the picture.

SOLUTION: Time division display constituting one frame of plural fields is performed by using an optical element having a stairlike mirror array 4 which is equipped with plural reflection surfaces 41, 42... reflecting emitted light from the picture element of an optical modulation element 3 in the same specified angle direction with respect to an optical axis in an optical path leading to a screen from the element 3, and where the reflection surfaces 41 and 42 are arranged to be separated in the optical axis direction of the emitted light from the picture element of the element 3 and on different planes, and having an actuator 6 shifting the reflection surface 42 in the optical axis direction of the emitted light from the element 3 so that the emitted light from the same picture element of the element 3 may be projected to plural different areas on the screen.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 0 - 7 8 6 2 3

(43) 公開日 平成10年(1998)3月24日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 B 33/12			G 0 3 B 33/12	
G 0 2 F 1/13	5 0 5		G 0 2 F 1/13	5 0 5
G 0 3 B 21/00			G 0 3 B 21/00	D
G 0 9 F 9/00	3 6 0		G 0 9 F 9/00	3 6 0 Z
H 0 4 N 5/74			H 0 4 N 5/74	K
審査請求 未請求 請求項の数 2 4			F D	(全 2 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-17311

(22) 出願日 平成9年(1997)1月14日

(31) 優先権主張番号 特願平8-197114

(32) 優先日 平8(1996)7月8日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 小林 健一

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 浜田 勉

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 逆井 一宏

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 森岡 正樹

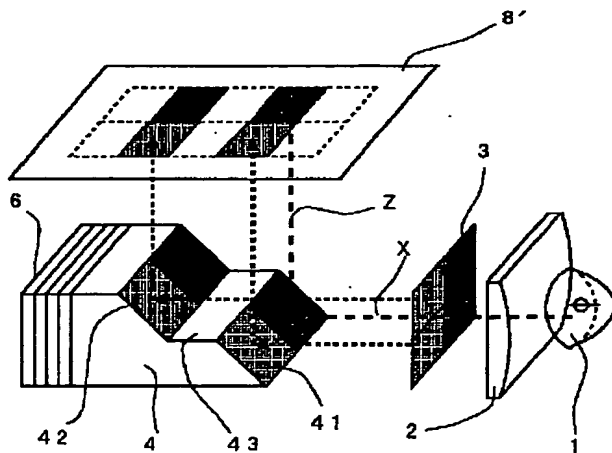
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射型表示装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、画像を拡大投射して大画面表示する投射型表示装置に関し、光の透過率やコントラストを低下させずに高解像度で画像を表示できる投射型表示装置を提供することを目的とする。

【解決手段】光変調素子3からスクリーンに至る光路中に、光変調素子3の画素からの出射光を光軸に対して同一の所定角度方向に反射させる反射面41、42・・・を複数備え、複数の反射面41、42は光変調素子3の画素からの出射光の光軸方向に離間して配置されるとともに異なる平面内に配置されている階段状のミラーアレイ4を有し、かつ反射面42等を光変調素子3からの出射光の光軸方向にシフトさせ、光変調素子3の同一の画素からの出射光をスクリーン上の異なる複数の領域に投射させるアクチュエータ6を有する光学素子を用いて複数のフィールドで1フレームを構成する時分割表示を行うように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の画素を有する光変調素子で表示された画像をスクリーン上に拡大投射する投射型表示装置において、

前記光変調素子の各画素からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記出射光を同一の所定角度方向にそれぞれ反射させる複数の反射面が形成された画像分離手段と、前記複数の反射面を前記光軸方向に所定の移動量だけ移動させて、前記光変調素子の同一画素からの出射光を前記スクリーン上の異なる複数の領域に投射させる投射領域変更手段とを有し、前記光変調素子から前記スクリーンに至る光路中に配置される光学素子を備え、
複数のフィールドで1フレームを構成する時分割表示を行うことを特徴とする投射型表示装置。

【請求項2】光源からの光を複数の色の光に分離する色分離手段と、分離された前記複数の色の光をそれぞれ変調する複数の画素を有する複数の光変調素子と、変調された前記複数の色の光を合成する色合成手段とを有し、前記複数の光変調素子で表示されたカラー画像をスクリーン上に拡大投射する投射型表示装置において、
前記光変調素子の各画素からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記出射光を同一の所定角度方向にそれぞれ反射させる複数の反射面が形成された画像分離手段と、前記複数の反射面を前記光軸方向に所定の移動量だけ移動させて、前記光変調素子の同一画素からの出射光を前記スクリーン上の異なる複数の領域に投射させる投射領域変更手段とを有し、前記色合成手段から前記スクリーンに至る光路中に配置される光学素子を備え、
複数のフィールドで1フレームを構成する時分割表示を行うことを特徴とする投射型表示装置。

【請求項3】請求項1又は2に記載の投射型表示装置において、
前記光学素子の前記画像分離手段は、階段状の反射面を有するミラーアレイであり、前記投射領域変更手段は、前記ミラーアレイを前記光軸方向に振動させるミラーアレイ振動手段であることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項4】請求項3記載の投射型表示装置において、
前記ミラーアレイの前記反射面は、前記各画素からの出射光の光軸に対して45°傾斜していることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項5】請求項3記載の投射型表示装置において、
前記ミラーアレイの前記反射面は、前記画素の画素ピッチに対応して帯状に配置されていることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項6】請求項3記載の投射型表示装置において、
前記ミラーアレイの前記各反射面の前記光軸方向の間隔Mは、

前記各反射面の前記出射光の光軸とのなす角を θ 、前記

光変調素子の画素ピッチをp、1フレームを構成するフィールド数をfとして、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$M = p \times [1 / \tan 2\theta + (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2\theta) \times f]$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$M = p \times f$$

であることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項7】請求項3記載の投射型表示装置において、
前記ミラーアレイ振動手段は、前記ミラーアレイを機械的に振動させることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項8】請求項3記載の投射型表示装置において、
前記ミラーアレイ振動手段は、前記光変調素子に供給するフィールド信号に同期させて前記光軸方向に前記ミラーアレイを振動させることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項9】請求項3記載の投射型表示装置において、
前記ミラーアレイの前記各反射面の前記光軸方向の1フィールドでの前記所定の移動量Lは、

前記各反射面の前記出射光の光軸とのなす角を θ 、前記光変調素子の画素ピッチをp、自然数を α として、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$L = p \times (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2\theta) \times \alpha$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$L = p \times \alpha$$

であることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項10】複数の画素を有する光変調素子で表示された画像をスクリーン上に拡大投射する投射型表示装置において、

前記光変調素子の各画素からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記各画素の出射光を当該出射光の光軸に対して所定角度反射させる複数の反射面が形成された第1の画像分離手段と、前記第1の画像分離手段の複数の反射面を前記光軸方向に所定の移動量だけ移動させ、前記光変調素子の同一画素からの出射光を前記スクリーン上の異なる複数の領域に投射させる第1の投射領域変更手段とを有し、前記光変調素子から前記スクリーンに至る光路中に配置される第1の光学素子と、

前記第1の光学素子からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記第1の光学素子からの出射光を当該出射光の光軸及び前記各画素からの出射光の光軸に所定角度反射させる複数の反射面が形成された第2の画像分離手段と、前記第2の画像分離手段の複数の反射面を前記第1の光学素子からの出射光の光軸方向に所定の移動量だけ移動させ、前記光変調素子の同一画素からの出射光を前記スクリーン上の異なる複数の領域に投射させる第2の投射領域変更手段とを有する第2の光学素子とを備え、

複数のフィールドで1フレームが構成される時分割表示

を行うことを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 1 1】光源からの光を複数の色の光に分離する色分離手段と、分離された前記複数の色の光をそれぞれ変調する複数の画素を有する複数の光変調素子と、変調された前記複数の色の光を合成する色合成手段とを有し、前記複数の光変調素子で表示されたカラー画像をスクリーン上に拡大投射する投射型表示装置において、前記光変調素子の各画素からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記各画素の出射光を当該出射光の光軸に対して所定角度反射させる複数の反射面が形成された第 1 の画像分離手段と、前記第 1 の画像分離手段の複数の反射面を前記光軸方向に所定の移動量だけ移動させ、前記光変調素子の同一画素からの出射光を前記スクリーン上の異なる複数の領域に投射させる第 1 の投射領域変更手段とを有し、前記色合成手段から前記スクリーンに至る光路中に配置される第 1 の光学素子と、

前記第 1 の光学素子からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記第 1 の光学素子からの出射光を当該出射光の光軸及び前記各画素からの出射光の光軸に所定角度反射させる複数の反射面が形成された第 2 の画像分離手段と、前記第 2 の画像分離手段の複数の反射面を前記第 1 の光学素子からの出射光の光軸方向に所定の移動量だけ移動させ、前記光変調素子の同一画素からの出射光を前記スクリーン上の異なる複数の領域に投射させる第 2 の投射領域変更手段とを有する第 2 の光学素子とを備え、

複数のフィールドで 1 フレームが構成される時分割表示を行うことを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 1 2】請求項 1 0 又は 1 1 に記載の投射型表示装置において、

前記光変調素子からの出射光の光軸と、前記第 1 の光学素子からの出射光の光軸と、前記第 2 の光学素子からの出射光の光軸とが互いに直交していることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 1 3】請求項 1 0 乃至 1 2 のいずれかに記載の投射型表示装置において、

前記第 1 の画像分離手段は、階段状の反射面を有する第 1 のミラーアレイであり、前記第 1 の投射領域変更手段は、前記第 1 のミラーアレイを前記各画素からの出射光の光軸方向に振動させる第 1 のミラーアレイ振動手段であり、

前記第 2 の画像分離手段は、階段状の反射面を有する第 2 のミラーアレイであり、前記第 2 の投射領域変更手段は、前記第 2 のミラーアレイを前記第 1 のミラーアレイからの出射光の光軸方向に振動させる第 2 のミラーアレイ振動手段であることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 1 4】請求項 1 3 記載の投射型表示装置において、

前記光変調素子の各画素の出射光が入射する入射面で切

断した第 1 のミラーアレイの断面形状と、前記第 1 のミラーアレイからの出射光が入射する入射面で切断した第 2 のミラーアレイの断面形状とがほぼ同一であることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 1 5】請求項 1 3 記載の投射型表示装置において、

前記第 1 及び第 2 のミラーアレイの前記反射面は、前記画素の画素ピッチに対応して帯状に配置されていることを特徴とする投射型表示装置。

10 【請求項 1 6】請求項 1 3 記載の投射型表示装置において、

前記第 1 及び第 2 のミラーアレイの前記各反射面の前記光軸方向の間隔 M は、

前記各反射面の前記出射光の光軸とのなす角を θ 、前記光変調素子の画素ピッチを p 、 α は 2 以上の整数として、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$M = p \times [1 / \tan 2\theta + (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2\theta) \times \alpha]$$

20 (2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$M = p \times \alpha$$

であることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 1 7】請求項 1 3 記載の投射型表示装置において、

前記第 1 及び第 2 のミラーアレイ振動手段は、前記第 1 及び第 2 のミラーアレイをそれぞれ機械的に振動させることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 1 8】請求項 1 3 記載の投射型表示装置において、

30 前記第 1 及び第 2 のミラーアレイ振動手段は、前記光変調素子に供給するフィールド信号に同期させて前記反射面に入射する光の光軸方向に前記第 1 及び第 2 のミラーアレイをそれぞれ振動させることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 1 9】請求項 1 3 記載の投射型表示装置において、

前記第 1 及び第 2 のミラーアレイの前記各反射面の前記光軸方向の 1 フィールドでの前記所定の移動量 L は、

前記光変調素子の画素ピッチを p 、自然数を α として、

$$L = p \times \alpha$$

であることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 2 0】複数の画素を有する光変調素子で表示された画像をスクリーン上に拡大投射する投射型表示装置において、

前記光変調素子の各画素からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記出射光を同一の所定角度方向にそれぞれ反射させる複数の反射面が形成された画像分離手段と、前記複数の反射面を前記光軸方向に所定の移動量だけ移動させて、前記光変調素子の同一画素からの出射光を前記スクリーン上の異なる複数の領域に

投射させる投射領域変更手段とをそれぞれ有し、前記光変調素子から前記スクリーンに至る光路中に離間して配置される複数の光学素子を備え、

複数のフィールドで1フレームを構成する時分割表示を行うことを特徴とする投射型表示装置。

【請求項21】複数の画素を有する光変調素子で表示された画像をスクリーン上に拡大投射する投射型表示装置において、

前記光変調素子の各画素からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記出射光を同一の所定角度方向にそれぞれ反射させる複数の反射面が形成された画素分離手段と、前記複数の反射面を前記光軸方向に所定の移動量だけ移動させて、前記光変調素子の同一画素からの出射光を前記スクリーン上の異なる複数の領域に投射させる投影領域変更手段とを有し、前記光変調素子から前記スクリーンに至る光路中に配置される光学素子と、

前記光変調素子と前記光学素子の間に位置し、前記光変調素子からの出射光を集光させて前記光学素子に結像させる結像光学系を備え、

複数のフィールドで1フレームを構成する時分割表示を行うことを特徴とする投射型表示装置。

【請求項22】複数の画素を有する光変調素子で表示された画像をスクリーン上に拡大投射する投射型表示装置において、

前記光変調素子の各画素からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記各画素からの出射光を同一の所定角度方向にそれぞれ反射させる複数の反射面が形成された第1の画素分離手段と、前記第1の画素分離手段の複数の反射面を前記光軸方向に所定の移動量だけ移動させ、前記光変調素子の同一画素からの出射光を前記スクリーン上の異なる複数の領域に投射させる第1の投影領域変更手段とを有し、前記光変調素子から前記スクリーンに至る光路中に配置される第1の光学素子と、

前記光変調素子と前記第1の光学素子の間に位置し、前記光変調素子からの出射光を集光させて前記第1の光学素子に結像させる結像光学系と、

前記第1の光学素子からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記第1の光学素子からの出射光を当該出射光の光軸および前記各画素からの出射光の光軸に所定角度反射させる複数の反射面が形成された第2の画素分離手段と、前記第2の画素分離手段の複数の反射面を前記第1の光学素子からの出射光の光軸方向に所定の移動量だけ移動させ、前記光変調素子の同一画素からの出射光を前記スクリーン上の異なる複数の領域に投射させる第2の投影領域変更手段とを有する第2の光学素子と、

前記第1の光学素子と前記第2の光学素子の間に位置し、前記第1の光学素子からの出射光を集光させて前記

第2の光学素子に結像させる第2の結像光学系とを備え、

複数のフィールドで1フレームを構成する時分割表示を行うことを特徴とする投射型表示装置。

【請求項23】請求項21又は22に記載の投射型表示装置において、

前記結像光学系は、複数のレンズを有し、入射する平行光を平行光として出射させるアフォーカル光学系であることを特徴とする投射型表示装置。

10 【請求項24】光変調素子の各画素からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記出射光を同一の所定角度方向にそれぞれ反射させる複数の反射面が形成された画像分離手段と、前記複数の反射面を前記光軸方向に所定の移動量だけ移動させて、前記光変調素子の同一画素からの出射光を異なる複数の領域に偏向する偏向手段とを有することを特徴とする光学素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20 【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示素子などの光変調素子による画像を拡大投射して大画面表示する投射型表示装置に関し、特に高精細画像表示が可能な投射型表示装置に関する。

【0002】

30 【従来の技術】従来の代表的な投射型表示装置の概略の構成を図20に示す。図20において1は光源、3は光変調素子、8は投射レンズ、9はスクリーンである。投射型表示装置の光変調素子3には透過型液晶パネルが用いられている。光源1には可視光の領域で比較的均一なスペクトルを持つメタルハライドランプまたはハロゲンランプなどが用いられている。リフレクタなどで集光された光源1の光に液晶パネルなどの光変調素子3を用いて画像信号に応じた光変調を行って画像を形成している。形成された画像は投射レンズ8でスクリーン9上に拡大投射されて表示される。

40 【0003】図21は、従来の代表的なカラー投射型表示装置の概略の構成を示している。図21において1は光源、20は色分離手段、21は反射ミラー、23～25は光変調素子、22は色合成手段、8は投射レンズ、9はスクリーンである。光変調素子23～25は透過型液晶パネルである。光源1には図20と同様にメタルハライドランプまたはハロゲンランプなどが用いられている。リフレクタなどで集光された光源1からの光は、ダイクロイックミラーまたはダイクロイックプリズムからなる色分離手段20によって、R（赤）、G（緑）、B（青）の三原色に分離される。三原色に分離された光は、3つの透過型液晶パネルからなる光変調素子23～25に入射し、それぞれの画像信号に応じた光変調が行われる。光変調素子23～25で変調された各光は、ダイクロイックミラーまたはダイクロイックプリズムからなる色合成手段22により1つの画像に合成される。合

成された画像は投射レンズ 8 で拡大されてスクリーン 9 に投射される。

【0004】投射型表示装置は、投射レンズにより画像を拡大投射するので他の表示装置と比較して大面積表示が可能であるが、反面、解像度が低いという問題を有している。投射画像の解像度は光変調素子の画素数とスクリーンの大きさによって決まる。スクリーン上に高解像度で表示させるには、光変調素子の画素数を増やす必要があるが、画素を高密度化すると製造歩留りが低下してコスト高となる。例えば、SXGA (1280×1024) の画素数の光変調素子は、VGA (640×480) の画素数の光変調素子に比較して 10 倍程度の価格になってしまう。また、1 画素当たりの開口率 (1 画素に対する光を透過する有効面積の割合) は画素の高密度化に伴い低下するので所望の明るさの画像を得ることが困難になる。このように、画素の高密度化と画像の明るさは相反する条件であるので、単なる光変調素子の画素の高密度化では高画質の画像を得ることができない。

【0005】この問題を解決するために、複数の光変調素子を用いて投射する方法がある。複数の光変調素子を用いる方法は、例えば表示装置に CRT (カソード・レイ・チューブ) を用いたマルチビジョンのように複数の表示ユニットを用いて複数の画像を縦横に並べて表示させる。しかしながらこの方法では複数の表示ユニットを用いているため、各表示ユニットの接続部において画面を連続にすることができず境界が目立ってしまうという問題がある。また、複数の表示ユニットを全く同一の表示特性で作製するのは困難であるから、表示ユニットごとの明るさにむらができてしまい、表示ユニット間の継ぎ目が目立ってしまうという問題も有している。

【0006】この問題を解決するために、複数の表示ユニットを用いて 1 つの画像を重畳して表示する方法が知られている。特開平 3 - 1 6 6 5 3 6 号公報に記載された投射型表示装置は、原画像の表示データを任意にサンプリングして分割する画像分配機能部と、複数の表示機能部と、各表示画像を光学的に合成して原画像を合成表示する画像合成機能部と、合成像を投射する投射機能部とを備えている。図 2 2 にその基本構成を示す。図 2 2 において、8 は投射レンズ、1 1 は複数の光源からなる光供給部、1 2 は複数の透過型液晶パネルからなる光変調素子群、1 3 は光変調素子群 1 2 によって表示される画像を合成して投射レンズ 8 に入射させる光学デバイスである。例えば 4 つの透過型液晶パネル 1 2 を用いて重畳表示を行う場合には、各透過型液晶パネル 1 2 の各画素の開口率を 25% 程度にして水平方向と垂直方向に半画素ピッチづつずらして投射することにより、4 倍の解像度の画像が得られるようにしている。図 2 3 (a) ~

(d) に示すような 4 つの画像について、図 2 3 (b) の画像は図 2 3 (a) の画像に対して水平方向に半画素ピッチずらし、図 2 3 (c) の画像は図 2 3 (a) の画

像に対して垂直方向に半画素ピッチずらし、図 2 3

(d) の画像は図 2 3 (a) の画像に対して水平方向と垂直方向に半画素ピッチずらすようにして投射すれば、図 2 3 (e) に示すような 4 倍の解像度を持つ画像が得られる。このように重畳表示を行うことにより複数の表示ユニットの表示特性の不均一性を目立たなくさせることができる。しかし、相互に半画素ピッチづつずらして投射させるための光学系の調整が困難である点と、複数の表示ユニットを使うので構成が複雑でコストが高くなるという点で問題を有している。

【0007】他の高解像度化の手段として、1 つの光変調素子を用いて時分割表示を行う方法がある。時分割表示は複数のフィールドを時系列で表示させて 1 フレーム (1 画面) を形成する方法である。例えば、特開平 4 - 1 1 3 3 0 8 号公報に記載された投射型表示装置は、光変調素子からスクリーンに至る光路の途中に透過光の偏光方向を旋回させる素子と、複屈折効果を有する透明素子を用いて投射画像をシフトする手段と、スクリーン上で離散的に投射される手段を備えている。図 2 4 に投射表示装置の基本構成を示す。図 2 4 において、1 は光源、3 は表示用液晶パネルからなる光変調素子、1 4 は偏光方向制御用液晶パネル、1 5 は水晶板、8 は投射レンズである。複屈折効果を有する透明素子として水晶板 1 5 が用いられている。この方法では、1 フレーム分の画像データを分割してフレームメモリに格納し、投射画像をシフトさせる手段と同期させて画像を表示することにより時分割表示を行っている。さらに、光変調素子の画像を離散的にする手段を用い、離散化した画像を補間するように画像を時系列でシフトさせて高解像度の表示を行っている。

【0008】画像を離散的にする手段には、画素の一部を遮光して実効的な開口率を低下させる手段と、1 画素に対応したマイクロレンズを用いて集光する手段とがある。画素の一部を遮光する手段は、例えば、各画素に設けられているスイッチング素子の配線などの配置を工夫して光の透過領域を減少させることにより、画素の光透過領域を離散的にしている。一方、1 画素に対応したマイクロレンズを用いて集光する手段は、画素から出射した光を集光することにより、光量を減少させることなく実質的に画像を離散化している。

【0009】投射画像をシフトさせる手段には複屈折効果が利用されている。光学異方性を有する結晶を用い、常光と異常光の屈折角の違いにより画像をスクリーン上でシフトさせるようにする。ここでは TN (ねじれネマティック) 液晶を用い直線偏光の光を 90 度回転させて複屈折効果を持つ透明素子に対する常光と異常光を切り替えている。複屈折効果を持つ透明素子に対して垂直に入射した常光は直進するが、異常光は入射面で所定角度だけ屈折し、出射面で反対側に同じ角度だけ屈折する。この効果により、異常光は常光に対して透明素子の厚み

に応じた距離だけシフトすることになる。そこで、画素ピッチに応じた距離（画素ピッチの $1/2$ ）だけシフトするように透明素子の厚みを設定すれば、離散的に形成された画像を補間するシフト量を得ることができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記画像を離散的にする手段と投射画像をシフトさせる手段を用いた時分割表示では、以下のような問題点がある。画像を離散的にする手段として、画素の一部を遮光する方法は、従来の液晶パネルに若干の変更を加えるだけで容易に作製することが可能であるが、画素の一部を遮光して光の透過領域を減少させるため、画像が従来の液晶パネルと比較して暗くなってしまう。また、マイクロレンズを用いる方法は、画素から出射された光をマイクロレンズで集光することで実質的に画素を離散的にするもので、光の損失は少ないが1画素毎に対応したマイクロレンズを微細加工で作製する必要がある。画素数に対応したマイクロレンズを精度よく均一に作製するのは非常に困難であり、またその製造工程も複雑である。

【0011】また、画像をシフトさせる手段として複屈折効果を利用しているが、複屈折効果を利用するには光変調素子からの出射光が直線偏光でなければならない。自然光を直線偏光に変換するには偏光板が必要であるが、光は偏光板で約60%吸収されてしまい、40%程度しか透過されない。さらに、偏光方向の旋回手段として液晶素子を用いているので、当該液晶素子での光の透過率が問題となる。偏光方向旋回手段の液晶素子は、透明電極が形成された2枚のガラス基板で液晶を挟んで構成されている。透明電極の光の透過率は1枚当たり90%程度なので、2枚で80%程度の透過率となる。さらに、液晶自体及び、ガラス基板、水晶板などの透過率も考慮すると、偏光方向旋回手段での光の透過率はさらに低くなり、約65%程度になってしまう。また、水平方向と垂直方向ともに高解像度化を行なう場合には、偏光方向旋回手段と水晶板のセットが2組必要となるため、さらに光の透過率は低下して約40%程度になってしまう。従って自然光を直線偏光に変換する偏光板及び偏光方向旋回手段を透過する光の透過率は約15~20%程度となってしまう、高解像度化が可能になる反面光の利用効率が極端に低下して暗い画像しか得られない。

【0012】また、光の旋回手段としてTN液晶を用いているが、その応答性が問題となる。TN液晶は電圧のオン・オフにより分子の配向方向を切り替えており、その応答性（切替え時間）は数ミリ秒である。時分割表示を行う場合に1フレーム（ $1/60 \sim 1/30$ 秒）を複数フィールドで分割すると、1フィールド当たり数~十数ミリ秒となるので、TN液晶を用いた場合は偏光方向の切り替え時間が1フィールド内の数十%を占めることになってしまう。結果として画像のコントラストが低下してしまうという問題が生じる。

【0013】また、上述の先行文献には記載されていないが、3枚の液晶パネルを用いてカラー表示を行う場合には、それぞれのパネル毎に偏光方向旋回素子及び複屈折効果を有する透明素子を配置する必要があり構成が複雑になってしまうという問題点を有している。色合成手段による画像合成後に1つの偏光方向旋回素子及び複屈折効果を有する透明素子を配置するという方法もあるが、その場合には、離散的投射手段として液晶パネル上にマイクロレンズを形成することが困難になり、離散的投射手段での光の利用効率が低下してしまう。

【0014】本発明は、上述の従来の技術が有する問題を解決するためになされたものであって、その目的は、光の透過率やコントラストを低下させることなく、簡単な構成で時分割表示を行い、高解像度で画像を表示できる投射型表示装置を提供することにある。また本発明の目的は、画素数の少ない光変調素子を用いても光の透過率やコントラストを低下させずに簡単な構成で時分割表示を行い、高解像度で画像を表示できる投射型表示装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的は、複数の画素からなる光変調素子によって表示された画像をスクリーン上に拡大投射する投射型表示装置において、光変調素子からスクリーンに至る光路中に、光変調素子の画素からの出射光を光軸に対して同一の所定角度方向に反射させる反射面が複数形成され、複数の反射面は光変調素子の画素からの出射光の光軸方向に離間して配置されるとともに異なる平面内に配置されている階段状画像分離手段を有し、且つ反射面を光変調素子からの出射光の光軸方向にシフトさせ、光変調素子の同一の画素からの出射光をスクリーン上の異なる複数の領域に投射させる投射領域変更手段を有する光学素子を用いて複数のフィールドで1フレームを構成する時分割表示を行う投射型表示装置によって達成される。光学素子は階段状の反射面を有するミラーアレイと、ミラーアレイを光変調素子に供給するフィールド信号に同期させて光変調素子からの出射光の光軸方向に振動させる手段を有していることを特徴としている。

【0016】さらに上記目的は、複数の画素を有する光変調素子で表示された画像をスクリーン上に拡大投射する投射型表示装置において、光変調素子の各画素からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、出射光を同一の所定角度方向にそれぞれ反射させる複数の反射面が形成された画像分離手段と、複数の反射面を光軸方向に所定の移動量だけ移動させて、光変調素子の同一画素からの出射光をスクリーン上の異なる複数の領域に投射させる投射領域変更手段とをそれぞれ有し、光変調素子から前記スクリーンに至る光路中に離間して配置される複数の光学素子を備え、複数のフィールドで1フレームを構成する時分割表示を行うことを特徴とする投

射型表示装置によって達成される。また、複数の光学素子は階段状の反射面を有するミラーアレイを有し、各ミラーアレイを光変調素子に供給するフィールド信号に同期させて各反射面に入射する光の光軸方向に振動させることによって達成される。

【0017】さらに上記目的は、光変調素子からスクリーンに至る光路中に、光変調素子からの出射光を光軸に対して同一の所定角度方向に反射させる反射面が複数形成され、複数の反射面は光変調素子の画素からの出射光の光軸方向に離間して配置されるとともに異なる平面内に配置された階段状画像分離手段を有し、且つ反射面を光変調素子からの出射光の光軸方向にシフトさせ、光変調素子の同一の画素からの出射光をスクリーン上の異なる複数の領域に投射させる投射領域変更手段を有する第1の光学素子と、第1の光学素子からの出射光を光軸に対して同一の所定角度方向に反射させる反射面が複数形成され、複数の反射面は第1の光学素子からの出射光の光軸方向に離間して配置されるとともに異なる平面内に配置されている階段状画像分離手段を有し、且つ反射面を第1の光学素子からの出射光の光軸方向にシフトさせ、光変調素子の同一の画素からの出射光をスクリーン上の異なる複数の領域に投射させる投射領域変更手段を有する第2の光学素子を備え、好ましくは光変調素子からの出射光の光軸と第1の光学素子からの出射光の光軸と第2の光学素子からの出射光の光軸とを互いに直交させて複数のフィールドで1フレームを構成する時分割表示を行う投射型表示装置により達成される。第1の光学素子は光変調素子からの出射光を光軸に対して所定角度変化させる反射面を階段状に有する第1のミラーアレイと、第1のミラーアレイを光変調素子に供給するフィールド信号に同期させて光変調素子からの出射光の光軸方向に振動させる第1の振動手段からなり、第2の光学素子は第1のミラーアレイからの出射光を光軸に対して所定角度変化させる反射面を階段状に有する第2のミラーアレイと、第2のミラーアレイを光変調素子に供給するフィールド信号に同期させて第1のミラーアレイからの出射光の光軸方向に振動させる第2の振動手段を有していることを特徴としている。

【0018】また、上述の投射型表示装置において、光変調素子と光学素子の間に位置し、光変調素子からの出射光を集光させて光学素子に結像させる結像光学系を備えるようにしてもよい。結像光学系は、複数のレンズを有し、入射する平行光を平行光として出射させるアフォーカル光学系であることを特徴としている。

【0019】また上記目的は、光変調素子の各画素からの出射光の光軸方向に所定の間隔で離間して配置され、前記出射光を同一の所定角度方向にそれぞれ反射させる複数の反射面が形成された画像分離手段と、前記複数の反射面を前記光軸方向に所定の移動量だけ移動させて、前記光変調素子の同一画素からの出射光を異なる複数の

領域に偏向する偏向手段とを有することを特徴とする光学素子を利用することによって達成される。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施の形態による投射型表示装置を図1乃至図5を用いて説明する。本実施の形態における投射型表示装置は、表示用液晶ライトバルブなどの光変調素子の画素数を増やすことなく投射表示画像の高精細化を実現するために、光変調素子からの出射光を離散的に広げる画像分離手段、画像分離手段により分離された画素間隙を補間するように各画素の投射領域を変更する投射領域変更手段、及び複数のフィールドで1フレームを構成する手段により時分割表示を行うことを基本としている。本発明では、通常投射型表示装置に用いられている光源、集光光学部品、2次元状に配列された多数の画素で構成されている表示用液晶ライトバルブなどの光変調素子、投射レンズなどの構成部品に加え、光変調素子からスクリーンに至る光路上に、光変調素子に供給するフィールド信号に同期させて、光変調素子からの出射光を離散的に広げ画像分離を行い、かつ離散的に広げられた画素間隙を補間するように各画素の投射領域の変更を行う光学素子を配置し、光の利用効率を低下させずに多画素化を図っている。

【0021】図1は本実施の形態における投射型表示装置の構成配置図、図2は光変調素子からの出射光を離散的に広げる光学素子の構造及び光変調素子との相関を示した基本構成図、図3は図2の基本構成図を光変調素子からの出射光の光軸に平行な面で切断したときの縦断面図である。

【0022】図1において、1は光源、2は自然光を平行光に変換するためのコリメート変換レンズ、3は2次元状に配列された多数の画素で構成されている光変調素子、8は拡大投射レンズ、9はスクリーン、10は光変調素子からの出射光を離散的に広げかつ離散的に広げられた間隙を補間する光学素子である。図2及び図3において、4はミラーアレイ、6は圧電素子からなるアクチュエータ、8'は拡大投射レンズ面である。ミラーアレイ4は、光変調素子3から拡大投射レンズ面8'に至る光路上に配置され、光変調素子3からの出射光を光軸Xに対して同一の所定角度方向に反射させる反射面41、42・・・が階段状に、即ち光変調素子の画素からの出射光の光軸方向に離間しかつ異なる平面内に形成されている。アクチュエータ6は、ミラーアレイ4の光変調素子3側とは反対側の面にミラーアレイ4に接して配置されており、光変調素子3に供給するフィールド信号に同期させてミラーアレイ4を光変調素子3からの出射光の光軸X方向に移動或いは振動させることができる。

【0023】本実施の形態で用いた光変調素子3は、poly-Si TFT（多結晶シリコンをチャネル層に用いた薄膜トランジスタ）を用いたアクティブ・マトリクス方式の液晶ライトバルブであり、液晶材料には偏光板

を必要としない液晶高分子複合体 (Liquid Crystal Polymer Composite) を用いている。光変調素子3の画素数は $m \times n$ であり、画素ピッチ p は水平、垂直ともに一般的な値である $50 \mu m$ とした。

【0024】ミラーアレイ4の基板は、材料にプラスチック或いはアクリル樹脂等を用い、金型による射出成形で所定の形状に形成されている。シリコンウェハに異方性エッチングを行ったり、ガラス基板を研磨或いは放電加工したりしてミラーアレイ4の基板を作製することもできる。この基板の上にアルミニウム (Al) 等高反射率の膜を蒸着或いはスパッタリングで形成することにより所望の光反射ができる階段状の反射面41、42・・・を得ることができる。ミラーアレイ4の大きさは光変調素子3とほぼ同じ大きさで、重量も約10g以下と軽量である。

【0025】ミラーアレイ4の反射面41は光変調素子3からの出射光の光軸Xに対して角度 θ 傾斜している。光変調素子3からの出射光Xfは反射面41で反射して進行方向をX方向からZ方向に変え、拡大投射レンズ面8'に垂直に入射する。本実施の形態においては、ミラーアレイ4の反射面41の光変調素子3からの出射光の光軸とのなす角を $\theta = 45^\circ$ とした。ミラーアレイ4の階段形状を構成する一方の面43は光変調素子3からの出射光の光軸Xに対して平行に形成されている。反射面41、面43はともに光変調素子3の画素ピッチ p に対応して帯状に形成されている。反射面41、面43の光変調素子3からの出射光の光軸X方向の寸法 a 、 b は、光変調素子3の画素ピッチ p に等しい $50 \mu m$ である。

【0026】アクチュエータ6には、高歪率圧電セラミック材料からなる積層型の圧電素子を用いている。アクチュエータ6はミラーアレイ4の光変調素子3側とは反対側の面に接着され、光変調素子3に供給するフィールド信号に同期してミラーアレイ4を光変調素子3からの出射光の光軸X方向に移動変化させる。

【0027】次に、上記構成の光学系により画像をシフトさせて高精細な画像を表示させる動作を図3及び図4を用いて説明する。本実施の形態においては1画面 (1フレーム) を2つの画像 (フィールド) に分割して表示させる場合を説明する。垂直方向の画素数が光変調素子3の画素数の2倍である原画像を垂直方向に1画素おきに間引いて2つの画像に分解し、分解された1つの画像を第1のフィールドで表示する。ここでは光変調素子3の垂直方向の1画素列からの出射光に着目して説明する。図3において、第1のフィールドでのミラーアレイ4は図中Aの位置にある。光変調素子3からの出射光X1 (1, 1)、X1 (2, 1) はミラーアレイ4の反射面41、42で反射し、拡大投射レンズ面8'への入射光Z1 (1, 1)、Z1 (2, 1) として拡大投射レンズ面8'に垂直に入射する。光変調素子3からの出射光

はミラーアレイ4で反射して、拡大投射レンズ面8'上で離散的に拡げられている。

【0028】次に第2のフィールドでは第1のフィールドで間引かれた残りの画像を表示する。このフィールドではフィールド信号に同期させてアクチュエータ6によりミラーアレイ4を光変調素子3からの出射光の光軸X方向にBの位置まで移動させる。AからBの位置までのミラーアレイ4の移動量 L は光変調素子3の画素ピッチ p と同じ $50 \mu m$ である。光変調素子3からの出射光X2 (1, 1)、X2 (2, 1) はミラーアレイ4の反射面41'、42'で反射し、拡大投射レンズ面8'への入射光Z2 (1, 1)、Z2 (2, 1) として拡大投射レンズ面8'に垂直に入射する。第2のフィールドにおいて、光変調素子3からの出射光は移動したミラーアレイ4で反射して第1のフィールドで離散的に拡げられた拡大投射レンズ面8'上の間隙を補間する。拡大投射レンズ面8'の面積は従来に比べて光変調素子3の面積の少なくとも2倍の面積が必要となるが拡大投射レンズ8の拡大倍率は半分でよい。

【0029】第1及び第2のフィールドにおいて、光変調素子3の表示部がスクリーン上で投射される位置を図4に示す。図4において、P1 (i, j)、P2 (i, j)、(i = 1 ~ m, j = 1 ~ n) はそれぞれ第1及び第2のフィールドで光変調素子3の表示部がスクリーン9上で投射される位置である。このように本実施の形態によるミラーアレイ4を含む光学系の構成を用いることにより、光変調素子3での同一画素を2つのフィールドで隣接する2つの画素として投射表示できるようになる。即ち光変調素子3の画素数で決まる解像度の2倍の解像度で拡大表示することができるようになる。本実施の形態による投射型表示装置では隣接する2つの画素を時分割で表示するが、通常のテレビジョン画像の1フレーム期間 (1/30 msec) 程度の短時間内に2つのフィールド画像を表示すれば人間の目の残像効果により1枚の高精細な画像として見るができる。

【0030】本実施の形態では多画素化のための光学素子として反射率の高い反射面を有したミラーアレイを用いているため、従来の投射型表示装置のように画像を離散的にするために光変調素子からの出射光を遮光させる手段等を用いる必要はない。また光変調素子からスクリーンに至る光路上に、偏光板や偏光方向を旋回させることにより画像をシフトするための液晶パネル等の光吸収を伴う光学系が存在しないので光の利用効率を低下させずに高精細な画像を表示することができるようになる。

【0031】さらに本実施の形態においては、フィールド信号に同期させたミラーアレイの振動の振幅は数 $10 \mu m$ 以下、振動周波数は数 $10 Hz$ ~ 数 $100 Hz$ である。またミラーアレイ4は光変調素子と同等の大きさに形成できるので、重量は約10g以下と軽量にできる。本実施の形態で用いた積層型の圧電素子からなるアクチ

ュータ6の駆動能力は数KHzであるので、ミラーアレイ4の移動の切り替え時間は1ミリ秒以下と高速の切り替えができる。このように高速応答性を有しているので、画素間隙を補間するように画素の投射領域を変更するためのミラーアレイの位置の切り替え時間の1フィールド内に占める割合は数%以下になる。従って切り替え遅延による画像のコントラストの低下は生じない。

【0032】本実施の形態においては、ミラーアレイ4の移動量Lが最小となるように、ミラーアレイ4の反射面41、42・・・は光変調素子3からの出射光の光軸Xに対して45°傾斜させたが、反射面41、42・・・の傾斜角度θは $0 < \theta < 90^\circ$ で任意に設定できる。また本実施の形態においては、1フレームを2つのフィールドに分割して表示させるようにしたが、反射面41、42・・・の傾斜角度θを $0 < \theta < 90^\circ$ で任意に設定し、ミラーアレイ4の面43の光変調素子3からの出射光の光軸X方向の寸法b、及びミラーアレイ4の移動量Lを最適化することにより、1フレームを3つ以上のフィールドに分割して表示を行うことも可能である。

【0033】ミラーアレイ4の帯状の反射面41の光変調素子3からの出射光の光軸とのなす角θを $0 < \theta < 90^\circ$ で任意に設定し、1フレームをf個のフィールドに分割して表示を行う場合の光学素子の構造及び光学素子と光変調素子との関係を図5を用いて説明する。第1のフィールドでは、光変調素子3からの出射光は、ミラーアレイ4の反射面41で角度θで反射して拡大投射レンズ面8'に垂直に入射する。次に第2のフィールドではミラーアレイ4はAからBの位置に移動し、ミラーアレイ4の反射面41'で反射され、拡大投射レンズ面8'に入射する。次に第f番目のフィールドではミラーアレイ4はBからCの位置に移動し、ミラーアレイ4の反射面41''で反射され、拡大投射レンズ面8'に入射する。以上の動作により光変調素子3からの出射光を離散的に広げ、かつ離散的に広げられた間隙を補間して多画素化表示ができるようになる。

【0034】ここで反射面41、面43の光変調素子3からの出射光の光軸X方向の寸法a、bは以下の式のよう表される。

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$a = p / \tan \theta, \quad b = (f-1)p (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2\theta)$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$a = p, \quad b = (f-1)p$$

即ちミラーアレイの帯状の反射面の間隔、例えば反射面41と反射面42の光変調素子3からの出射光の光軸方向の間隔M(=a+b)は、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$M = p \times [1 / \tan 2\theta + (1 / \tan 2\theta - 1 / \tan 2\theta) \times f]$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$M = p \times f$$

である。またf個のフィールドに分割して表示を行う場合、フィールド信号に同期させて移動するミラーアレイ4の移動量Lは $b / (f-1)$ となり、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$L = p (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2\theta)$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$L = p$$

である。さらに離散的に画素を補間するので、フィールド信号に同期して移動するミラーアレイ4の移動量Lは上述の関係から、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$L = p (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2\theta) \text{ の整数倍}$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$L = p \text{ の整数倍}$$

であってもよい。また特に $f=2$ 、 $\theta=60^\circ$ の場合は、ミラーアレイ4の大きさを最小にすることができる。ミラーアレイ4が小型軽量になるのでアクチュエータ6の負担を軽減させることができる。

【0035】本実施の形態では、アクチュエータ6として高歪率圧電セラミック材料からなる積層型の圧電素子を用いたが、光変調素子3に供給するフィールド信号の周波数(数10Hz～数100Hz)に同期させてミラーアレイ4を光変調素子3からの出射光の光軸X方向に光変調素子3の画素ピッチpの整数倍($\theta=45^\circ$ のとき)移動変化させることができればよいので、電磁アクチュエータ、リニアアクチュエータ、ステッピング・モータなどを用いることもできる。

【0036】次に本発明の第2の実施の形態による投射型表示装置を図6及び図7を用いて説明する。本実施の形態による投射型表示装置の第1の実施の形態との相違点は、光変調素子から拡大投射レンズ面に至る光路上に、光変調素子からの出射光を光軸に対して同一の所定角度反射させる反射面を階段状に有し、かつ反射面を反射面に入射する光の光軸方向にシフトさせる手段を有する光学素子を少なくとも二つ設け、複数のフィールドで1フレームを構成し時分割表示を行う点にある。

【0037】図6は本実施の形態による投射型表示装置を説明するための光変調素子からの出射光を離散的に広げる光学素子の構造及び光変調素子との相関を示した基本構成図である。図中図1乃至図3と同一の構成部材については、同一符号を付している。

【0038】図6において、1は光源、2はコリメートレンズ、3は光変調素子、4は第1のミラーアレイ、5は第2のミラーアレイ、6は圧電素子からなる第1のアクチュエータ、7は圧電素子からなる第2のアクチュエータ、8'は拡大投射レンズ面である。光源1、コリメートレンズ2、光変調素子3、第1のミラーアレイ4及び第1のアクチュエータ6は第1の実施の形態と同様の構成である。第2のミラーアレイ5は、第1のミラーア

レイ4と第1のアクチュエータ6からなる第1の光学素子から拡大投射レンズ面8'に至る光路上に配置され、第1の光学素子からの出射光を光軸Zに対して所定角度変化させる反射面51、52が階段状に形成されている。第2のアクチュエータ7は、第2のミラーレイ5の第1のミラーレイ4側とは反対側の面に第2のミラーレイ5に接して配置されており、光変調素子3に供給するフィールド信号に同期させて第2のミラーレイ5を第1の光学素子からの出射光の光軸Z方向に移動或いは振動させることができるようになっている。光変調素子3、第1のミラーレイ4と第1のアクチュエータ6からなる第1の光学素子、第2のミラーレイ5と第2のアクチュエータ7からなる第2の光学素子、拡大投射レンズ面8'の位置関係は、光変調素子3からの出射光 $X_f(i, j)$ の光軸Xと第1の光学素子からの出射光 $Z_f(i, j)$ の光軸Zと第2の光学素子からの出射光 $Y_f(i, j)$ の光軸Yとが互いに直交する関係にある。

【0039】ミラーレイ5の基板は、ミラーレイ4と同様の方法で形成でき、所望の光反射ができる階段状の反射面51、52を得ることができる。ミラーレイ5の反射面51は第1の光学素子からの出射光の光軸Zに対してミラーレイ4と同様に角度 θ 傾斜しており、第1の光学素子からの出射光を反射面51により進行方向をZ方向からY方向に変え、拡大投射レンズ面8'に垂直に入射させる。本実施の形態においては、ミラーレイ4の反射面41の光変調素子3からの出射光の光軸Xとのなす角 θ 及びミラーレイ5の反射面51の第1の光学素子からの出射光の光軸Zとのなす角 θ は 45° とした。ミラーレイ5の面53は第1の光学素子からの出射光の光軸Zに対して平行に形成されている。反射面51、面53はともに光変調素子3の画素ピッチpに対応して帯状に形成されている。反射面41、面43の第1の光学素子からの出射光の光軸Z方向の寸法 a' 、 b' は、光変調素子3の画素ピッチpに等しい $50\mu m$ である。

【0040】アクチュエータ7はアクチュエータ6と同様の構成であり、ミラーレイ5の第1の光学素子側とは反対側の面に接着され、光変調素子3に供給するフィールド信号に同期してミラーレイ5を第1の光学素子からの出射光の光軸Z方向に移動変化させる。

【0041】次に、上記構成の光学系により画像をシフトさせて高精細な画像を表示させる動作を図6及び図7を用いて説明する。本実施の形態においては1画面(1フレーム)を4つの画像(フィールド)に分割して表示させる場合で説明する。即ち、水平及び垂直方向の画素数がそれぞれ光変調素子3の画素数の2倍である原画像を水平及び垂直方向に1画素おきに間引いて4つの画像に分解し、分解された第1の画像を第1のフィールドで表示する。このフィールドではミラーレイ4は図中A

の位置にあり、ミラーレイ5の位置はA'にある。光変調素子3のそれぞれの画素からの出射光 $X1(1, 1)$ 、 $X1(1, 2)$ 、 $X1(2, 1)$ 、 $X1(2, 2)$ は第1の光学素子のミラーレイ4の反射面41、42で反射し、第2の光学素子への入射光 $Z1(1, 1)$ 、 $Z1(1, 2)$ 、 $Z1(2, 1)$ 、 $Z1(2, 2)$ として第2の光学素子に垂直に入射する。第2の光学素子への入射光 $Z1(1, 1)$ 、 $Z1(1, 2)$ 、 $Z1(2, 1)$ 、 $Z1(2, 2)$ はミラーレイ5の反射面51、52で反射し、それぞれ拡大投射レンズ面8'への入射光 $Y1(1, 1)$ 、 $Y1(1, 2)$ 、 $Y1(2, 1)$ 、 $Y1(2, 2)$ として拡大投射レンズ面8'の領域P1(1, 1)、P1(1, 2)、P1(2, 1)、P1(2, 2)に垂直に入射する。光変調素子3からの出射光はミラーレイ4及びミラーレイ5により拡大投射レンズ面8'上で離散的に上げられる。

【0042】次に第2のフィールドでは分解された第2の画像を表示する。このフィールドではフィールド信号に同期させてアクチュエータ6によりミラーレイ4を光変調素子3からの出射光の光軸X方向にBの位置まで移動させる。AからBの位置までのミラーレイ4の移動量Lは光変調素子3の画素ピッチpと同じ $50\mu m$ である。ミラーレイ5の位置は第1のフィールドと同じである。光変調素子3のそれぞれの画素からの出射光 $X2(1, 1)$ 、 $X2(1, 2)$ 、 $X2(2, 1)$ 、 $X2(2, 2)$ は第1の光学素子のミラーレイ4の反射面41'、42'で反射し、第2の光学素子への入射光 $Z2(1, 1)$ 、 $Z2(1, 2)$ 、 $Z2(2, 1)$ 、 $Z2(2, 2)$ として第2の光学素子に垂直に入射する。第2の光学素子への入射光 $Z2(1, 1)$ 、 $Z2(1, 2)$ 、 $Z2(2, 1)$ 、 $Z2(2, 2)$ はミラーレイ5の反射面51、52で反射し、それぞれ拡大投射レンズ面8'への入射光 $Y2(1, 1)$ 、 $Y2(1, 2)$ 、 $Y2(2, 1)$ 、 $Y2(2, 2)$ として拡大投射レンズ面8'の領域P2(1, 1)、P2(1, 2)、P2(2, 1)、P2(2, 2)に垂直に入射する。第2のフィールドでは、光変調素子3からの出射光は第1のフィールドで離散的に上げられた間隙のうち光変調素子3からの出射光の光軸X方向を補間する。

【0043】次に第3のフィールドでは分解された第3の画像を表示する。このフィールドではフィールド信号に同期させてアクチュエータ7によりミラーレイ5を第1の光学素子からの出射光の光軸Z方向にB'の位置まで移動させる。A'からB'の位置までのミラーレイ4の移動量Lは光変調素子3の画素ピッチpと同じ $50\mu m$ である。ミラーレイ4の位置は第2のフィールドと同じである。光変調素子3のそれぞれの画素からの出射光 $X3(1, 1)$ 、 $X3(1, 2)$ 、 $X3(2, 1)$ 、 $X3(2, 2)$ は第1の光学素子のミラーレイ

4の反射面41'、42'で反射し、第2の光学素子への入射光Z3(1, 1)、Z3(1, 2)、Z3(2, 1)、Z3(2, 2)として第2の光学素子に垂直に入射する。第2の光学素子への入射光Z3(1, 1)、Z3(1, 2)、Z3(2, 1)、Z3(2, 2)はミラーアレイ5の反射面51'、52'で反射し、それぞれ拡大投射レンズ面8'への入射光Y3(1, 1)、Y3(1, 2)、Y3(2, 1)、Y3(2, 2)として拡大投射レンズ面8'の領域P3(1, 1)、P3(1, 2)、P3(2, 1)、P3(2, 2)に垂直に入射する。第3のフィールドで、光変調素子3からの出射光は第1のフィールドで離散的に上げられた間隙のうち光変調素子3からの出射光の光軸Z方向を補間したことになる。

【0044】次に第4のフィールドでは分解された第4の画像を表示する。このフィールドではフィールド信号に同期させてアクチュエータ6によりミラーアレイ4を光変調素子3からの出射光の光軸Z方向にAの位置まで移動させる。BからAの位置までのミラーアレイ4の移動量Lは光変調素子3の画素ピッチpと同じ50μmである。即ちミラーアレイ4を第1のフィールドでの位置に戻すことになる。ミラーアレイ5の位置は第3のフィールドと同じである。光変調素子3のそれぞれの画素からの出射光X4(1, 1)、X4(1, 2)、X4(2, 1)、X4(2, 2)は第1の光学素子のミラーアレイ4の反射面41、42で反射し、第2の光学素子への入射光Z4(1, 1)、Z4(1, 2)、Z4(2, 1)、Z4(2, 2)として第2の光学素子に垂直に入射する。第2の光学素子への入射光Z4(1, 1)、Z4(1, 2)、Z4(2, 1)、Z4(2, 2)はミラーアレイ5の反射面51'、52'で反射し、それぞれ拡大投射レンズ面8'への入射光Y4(1, 1)、Y4(1, 2)、Y4(2, 1)、Y4(2, 2)として拡大投射レンズ面8'の領域P4(1, 1)、P4(1, 2)、P4(2, 1)、P4(2, 2)に垂直に入射する。第4のフィールドでは、光変調素子3からの出射光は第1のフィールドで離散的に上げられた間隙のうち第2及び第3のフィールドで補間した以外の残りの部分を補間することになる。拡大投射レンズ面8'の面積は従来に比べて光変調素子3の面積の少なくとも4倍の面積が必要となるが拡大投射レンズ8の拡大倍率は1/4でよい。

【0045】第1から第4のフィールドにおいて、光変調素子3の表示部がスクリーン9上で投射される位置を図7に示す。図7において、P1(i, j)、P2(i, j)、P3(i, j)、P4(i, j)、(i=1~m、j=1~n)はそれぞれ第1から第4のフィールドで光変調素子3の表示部がスクリーン9上で投射される位置である。このように本実施の形態によるミラーアレイ4及びミラーアレイ5を含む光学系の構成を用い

ることにより、光変調素子3での同一画素を用いて4つのフィールドで4つの画素として原画像を投射表示できるようになる。即ち水平解像度、垂直解像度を光変調素子3の画素数で決まるそれぞれの解像度の2倍の解像度で表示することが可能となる。

【0046】本実施の形態では第1の実施の形態と同様に多画素化のための光学素子として反射率の高い反射面を有したミラーアレイを用いているため、従来の投射型表示装置のように画像を離散的にするために光変調素子からの出射光を遮光させる手段を用いる必要はなく、また光変調素子からスクリーンに至る光路上に、偏光板や偏光方向を旋回させることにより画像をシフトするための液晶パネル等の光吸収を行う光学系が存在しないので光の利用効率を低下させずに高精細な画像を表示することができるようになる。さらに第1の実施の形態と同様に積層型の圧電素子からなるアクチュエータを用いているので、ミラーアレイの移動の切り替え時間は1ミリ秒以下と高速の切り替えができ、切り替え遅延による画像のコントラストの低下は引き起こさない。

【0047】本実施の形態においては、ミラーアレイ4及びミラーアレイ5の移動量L、L'が最小となるように、ミラーアレイ4の反射面41、42・・・は光変調素子3からの出射光の光軸Xに対して、ミラーアレイ5の反射面51、52・・・はミラーアレイ4からの出射光の光軸Zに対して何れも45°傾斜させたが、反射面41、42・・・及び反射面51、52・・・の傾斜角度θは0<θ<90°で任意に設定できる。また本実施の形態においては、1フレームを4つのフィールドに分割して表示させたが、反射面41、42・・・及び反射面51、52・・・の傾斜角度θを0<θ<90°で任意に設定し、ミラーアレイ4の面43の光変調素子3からの出射光の光軸X方向の寸法b、及びミラーアレイ4の移動量L、ミラーアレイ5の面53のミラーアレイ4からの出射光の光軸Z方向の寸法b'、及びミラーアレイ5の移動量L'をそれぞれ最適化することにより、1フレームを4つ以上のf個のフィールドに分割して表示を行うことも可能である。

【0048】ここで第1の実施の形態における図5で示したと同様に、反射面41(反射面51)、面43(面53)の光変調素子3からの出射光の光軸X方向(ミラーアレイ4からの出射光の光軸Z方向)の寸法a(a')、b(b')は以下の式のように表される。

(1) 0<θ<90°、θ≠45°のとき

$$a = a' = p / \tan \theta、$$

$$b = (f1 - 1) p (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta)$$

$$b' = (f2 - 1) p (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta)$$

(2) θ=45°のとき

$$a = a' = p、$$

$$b = (f1 - 1) p$$

$$b' = (f_2 - 1)p$$

但し、 f_1 、 f_2 各々のミラーアレイに配分されたフィールド数であって、2以上の整数である。また、 $f = f_1 \times f_2$ である。複数のミラーアレイの帯状の反射面に入射する光の光軸方向の間隔、例えば反射面41と反射面42のミラーアレイ4からの出射光の光軸方向の間隔Mは、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$M = p \times [1 / \tan 2\theta + (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2\theta) \times f_1]$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$M = p \times f_1$$

である。またf個のフィールドに分割して表示を行う場合、フィールド信号に同期させて移動するミラーアレイ4の移動量Lは $b / (f_1 - 1)$ 、ミラーアレイ5の移動量L'は $b' / (f_2 - 1)$ となるから、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$L = L' = p (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2\theta)$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$L = L' = p$$

である。さらに離散的に画素を補間するので、フィールド信号に同期させて移動するミラーアレイ4の移動量L及びミラーアレイ5の移動量L'は上述の関係から、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$L = L' = p (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2\theta) \text{ の整数倍}$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$L = L' = p \text{ の整数倍}$$

であってもよい。

【0049】また本実施の形態においては、光変調素子3、第1のミラーアレイ4と第1のアクチュエータ6からなる第1の光学素子、第2のミラーアレイ5と第2のアクチュエータ7からなる第2の光学素子、拡大投射レンズ面8'の位置関係は、光変調素子3からの出射光Xf(i, j)の光軸Xと第1の光学素子からの出射光Zf(i, j)の光軸Zと第2の光学素子からの出射光Yf(i, j)の光軸Yが互いに直交させたが、第2の光学素子からの出射光Yf(i, j)の光軸Yが光変換素子3からの出射光Xf(i, j)の光軸Xと第1の光学素子からの出射光Zf(i, j)の光軸Zを含む面に平行、或いは光変調素子3からの出射光Xf(i, j)の光軸Xと第1の光学素子からの出射光Zf(i, j)の光軸Zを含む面に直交する面に平行であるような位置関係であってもよい。さらに本実施の形態においては、第1の光学素子と第2の光学素子の2つの光学素子を用いて多画素化を行ったが、2つ以上の光学素子を用いてもよく、また第1の光学素子と第2の光学素子の2つの光学素子を1組として複数組を組み合わせても多画素化できる。

【0050】次に、本発明の第3の実施の形態によるカ

ラー投射型表示装置を図8乃至図11を用いて説明する。本実施の形態におけるカラー投射型表示装置は、表示用液晶ライトバルブなどの光変調素子の画素数を増やすことなく投射カラー表示画像の高精細化を実現するために、色合成手段により合成された光変調素子からの出射光を離散的に広げる画像分離手段、画像分離手段により分離された画素間隔を補間するように各画素の投射領域を変更する投射領域変更手段、及び複数のフィールドで1フレームを構成する手段により時分割表示を行うことを基本としている。本発明では、通常投射型表示装置に用いられている光源、集光光学部品、色分離合成光学部品、2次元状に配列された多数の画素で構成されている表示用液晶ライトバルブなどの光変調素子、色合成光学部品、投射レンズなどの構成部品に加え、色合成手段からスクリーンに至る光路上に、光変調素子に供給するフィールド信号に同期させて、色合成手段により合成された光変調素子からの出射光を離散的に広げ画像分離を行い、かつ離散的に広げられた画素間隔を補間するように各画素の投射領域の変更を行う光学素子を配置し、光の利用効率を低下させずに多画素化を図っている。

【0051】図8は本実施の形態におけるカラー投射型表示装置の構成配置図、図9は色合成手段により合成された光変調素子からの出射光を離散的に広げる光学素子の構造及び光変調素子との相関を示した基本構成図、図10は図9の基本構成図を色合成手段により合成された光変調素子からの出射光の光軸に平行な面で切断したときの縦断面図である。

【0052】図8において、1は光源、2は自然光を平行光に変換するためのコリメート変換レンズ、20はダイクロイックプリズムからなる色分離手段、21はミラー、23～25は2次元状に配列された多数の画素で構成されている光変調素子、22はダイクロイックプリズムからなる色合成手段、8は拡大投射レンズ、9はスクリーン、10は色合成手段により合成された光変調素子からの出射光を離散的に広げかつ離散的に広げられた間隔を補間する光学素子である。図9及び図10において、4はミラーアレイ、6は圧電素子からなるアクチュエータ、8'は拡大投射レンズ面である。ミラーアレイ4は、色合成手段22から拡大投射レンズ面8'に至る光路上に配置され、光変調素子23～25からの出射光を光軸Xに対して同一の所定角度方向に反射させる反射面41、42・・・が階段状に、即ち光変調素子の画素からの出射光の光軸方向に離間しかつ異なる平面内に形成されている。アクチュエータ6は、ミラーアレイ4の色合成手段22側とは反対側の面にミラーアレイ4に接して配置されており、光変調素子23～25に供給するフィールド信号に同期させてミラーアレイ4を色合成手段22により合成された光変調素子23から25からの出射光の光軸X方向に移動或いは振動させることができ

【0053】本実施の形態で用いた光変調素子 2 3 ~ 2 5 のそれぞれは、第 1 及び第 2 の実施の形態で用いた液晶ライトバルブと同一である。光変調素子 2 3 ~ 2 5 は対応する画素がスクリーン上で重なるように配置されている。また、ミラーアレイ 4 及びアクチュエータ 6 も第 1 及び第 2 の実施の形態で用いたものと同一であるので説明を省略する。

【0054】ミラーアレイ 4 の反射面 4 1 は色合成手段 2 2 により合成された光変調素子 2 3 ~ 2 5 からの出射光の光軸 X に対して角度 θ 傾斜しており、色合成手段 2 2 により合成された出射光 X f を反射面 4 1 により進行方向を X 方向から Z 方向に変え、拡大投射レンズ面 8' に垂直に入射させる。本実施の形態においても、ミラーアレイ 4 の反射面 4 1 の色合成手段 2 2 により合成された出射光の光軸とのなす角を $\theta = 45^\circ$ とした。ミラーアレイ 4 の面 4 3 は出射光の光軸 X に対して平行になるように形成されている。反射面 4 1、面 4 3 はともに光変調素子 2 3 ~ 2 5 の画素ピッチ p に対応して帯状に形成されており、反射面 4 1、面 4 3 の出射光の光軸 X 方向の寸法 a、b は、光変調素子 2 3 ~ 2 5 の画素ピッチ p に等しい $50 \mu\text{m}$ である。

【0055】図 9 乃至図 10 は本実施の形態におけるカラー投射型表示装置の動作を示している図であり、第 1 の実施の形態における図 2 及び図 3、図 5 に対応するものである。本実施の形態におけるミラーアレイ 4 のアクチュエータ 6 による動作は、第 1 の実施の形態と同様であるので説明は概略に留めることとする。

【0056】本実施の形態においても 1 フレームを 2 つの画像（フィールド）に分割して表示させる。即ち、垂直方向の画素数が光変調素子 2 3 ~ 2 5 の画素数の 2 倍である原画像を垂直方向に 1 画素おきに間引いて 2 つの画像に分解し、分解された 1 つの画像は第 1 のフィールドで表示する。各図は光変調素子 2 3 ~ 2 5 の垂直方向の 1 画素列から出射し色合成手段 2 2 により合成された出射光を示している。第 1 のフィールドでのミラーアレイ 4 は図中 A の位置にある。光変調素子 3 からの出射光 X 1 (1, 1)、X 1 (2, 1) はミラーアレイ 4 の反射面 4 1、4 2 で反射し、拡大投射レンズ面 8' への入射光 Z 1 (1, 1)、Z 1 (2, 1) として拡大投射レンズ面 8' に垂直に入射する。色合成手段 2 2 からの出射光はミラーアレイ 4 で反射して拡大投射レンズ面 8' 上で離散的に上げられる。

【0057】次に第 2 のフィールドでは、フィールド信号に同期させてアクチュエータ 6 を移動させてミラーアレイ 4 を移動させ、第 1 のフィールドで間引かれた残りの画像を表示させる。第 2 のフィールドで色合成手段 2 2 からの出射光は移動してミラーアレイ 4 で反射して第 1 のフィールドで離散的に上げられた間隙を補間する。拡大投射レンズ面 8' の面積は従来に比べて各光変調素子 2 3 ~ 2 5 の面積の少なくとも 2 倍の面積が必要とな

るが拡大投射レンズ 8 の拡大倍率は半分でよい。第 1 及び第 2 のフィールドにおいて、光変調素子 2 3 ~ 2 5 の表示部がスクリーン上で投射される位置は第 1 の実施の形態で示した図 4 と同様になる。

【0058】図 11 に示すように、本実施の形態によるカラー投射型表示装置においても、反射面 4 1、4 2 の傾斜角度 θ を $0 < \theta < 90^\circ$ で任意に設定し、ミラーアレイ 4 の面 4 3 の色合成手段 2 2 からの出射光の光軸 X 方向の寸法 b 及びフィールド信号に同期してミラーアレイ 4 を移動させる移動量 L を最適化することにより、1 フレームを 3 つ以上のフィールドに分割して表示を行うことも可能である。

【0059】反射面 4 1、面 4 3 の色合成手段 2 2 からの出射光の光軸 X 方向の寸法 a、b は以下の式のように表される。

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$a = p / \tan \theta, \quad b = (f - 1) p (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta)$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$a = p, \quad b = (f - 1) p$$

ミラーアレイの帯状の反射面の間隔、例えば反射面 4 1 と反射面 4 2 の色合成手段 2 2 からの出射光の光軸方向の間隔 M は、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$M = p \times [1 / \tan 2 \theta + (1 / \tan 2 \theta - 1 / \tan 2 \theta) \times f]$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$M = p \times f$$

である。また f 個のフィールドに分割して表示を行う場合、フィールド信号に同期させて移動するミラーアレイ 4 の移動量 L は $b / (f - 1)$ となり、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$L = p (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta)$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$L = p$$

である。さらに離散的に画素を補間するので、フィールド信号に同期させて移動するミラーアレイ 4 の移動量 L は上述の関係から、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$L = p (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta) \text{ の整数倍}$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$L = p \text{ の整数倍}$$

であってもよい。

【0060】次に本発明の第 4 の実施の形態によるカラー投射型表示装置を図 12 に示す。本実施の形態によるカラー投射型表示装置の第 3 の実施の形態との相違点は、色合成手段から拡大投射レンズ面に至る光路上に、光変調素子からの出射光を光軸に対して同一の所定角度反射させる反射面を階段状に有し、かつ反射面を反射面に入射する光の光軸方向にシフトさせる手段を有する光

光学素子を少なくとも二つ設け、複数のフィールドで1フレームを構成し時分割表示を行う点にある。

【0061】図12に示すカラー投射型表示装置は、第3の実施の形態に示したカラー投射型表示装置に、第2の実施の形態で説明した2個のミラーアレイを用いて2次元的に出射光を離散化するようにしたものである。本実施の形態でのカラー投射型表示装置は、第2の実施の形態におけるものと動作において同一であるので詳細な説明は省略する。

【0062】図12は本実施の形態によるカラー投射型表示装置を説明するための光変調素子からの出射光を離散的に拡げる光学素子の構造及び光変調素子との相関を示した基本構成図である。図12において、22は色合成手段、23～25は光変調素子、4は第1のミラーアレイ、5は第2のミラーアレイ、6は圧電素子からなる第1のアクチュエータ、7は圧電素子からなる第2のアクチュエータ、8'は拡大投射レンズ面である。色合成手段22、第1のミラーアレイ4及び第1のアクチュエータ6は第3の実施の形態と同様である。第2のミラーアレイ5は、第1のミラーアレイ4と第1のアクチュエータ6からなる第1の光学素子から拡大投射レンズ面8'に至る光路上に配置され、第1の光学素子からの出射光を光軸Zに対して所定角度変化させる反射面51、52が階段状に形成されている。第2のアクチュエータ7は、第2のミラーアレイ5の第1のミラーアレイ4側とは反対側の面に第2のミラーアレイ5に接して配置されており、第2のミラーアレイ5を光変調素子23～25に供給するフィールド信号に同期させて第1の光学素子からの出射光の光軸Z方向に移動或いは振動できるように形成されている。色合成手段22、第1のミラーアレイ4と第1のアクチュエータ6からなる第1の光学素子、第2のミラーアレイ5と第2のアクチュエータ7からなる第2の光学素子、拡大投射レンズ面8'の位置関係は、光変調素子23～25からの出射光を合成した色合成手段22からの出射光 $Xf(i, j)$ の光軸Xと第1の光学素子からの出射光 $Zf(i, j)$ の光軸Zと第2の光学素子からの出射光 $Yf(i, j)$ の光軸Yとが互いに直交する関係にある。

【0063】ミラーアレイ5の反射面51は第1の光学素子からの出射光の光軸Zに対してミラーアレイ4と同様に角度 θ 傾斜しており、第1の光学素子からの出射光を反射面51により進行方向をZ方向からY方向に変え、拡大投射レンズ面8'に垂直に入射させる。本実施の形態においては、ミラーアレイ4の反射面41の色合成手段22からの出射光の光軸Xとのなす角 θ 及びミラーアレイ5の反射面51の第1の光学素子からの出射光の光軸Zとのなす角 θ は 45° とした。ミラーアレイ5の面53は第1の光学素子からの出射光の光軸Zに対して平行になるように形成されている。反射面51、面53はともに光変調素子23乃至25の画素ピッチpに対

応して帯状に形成されており、反射面41、面43の第1の光学素子からの出射光の光軸Z方向の寸法 a' 、 b' は、光変調素子23乃至25の画素ピッチpに等しい $50\mu m$ である。

【0064】光変調素子23～25の出射光が色合成手段22で合成されスクリーン9上で投射される位置を図7に示す。図7において、 $P1(i, j)$ 、 $P2(i, j)$ 、 $P3(i, j)$ 、 $P4(i, j)$ 、($i=1\sim m$, $j=1\sim n$)はそれぞれ第1から第4のフィールドで色合成手段22で合成された各光変調素子23～25の表示部がスクリーン9上で投射される領域である。図7に示すように上記ミラーアレイ4及びミラーアレイ5を含む光学系の構成を用いることにより光変調素子23乃至25での同一画素を用いて4つのフィールドで4つの画素として原画像を投射表示することができる。即ち水平解像度、垂直解像度を光変調素子23～25の画素数で決まるそれぞれの解像度の2倍の解像度で表示することが可能となる。

【0065】本実施の形態においても上記各実施の形態と同様に多画素化のための光学素子として反射率の高い反射面を有したミラーアレイを用いているため、従来の投射型表示装置のように画像を離散的にするために光変調素子からの出射光を遮光させる手段を用いる必要はなく、また光変調素子からスクリーンに至る光路上に、偏光板や偏光方向を旋回させることにより画像をシフトするための液晶パネル等の光吸収を行う光学系が存在しないため光の利用効率を低下させずに高精細な画像を表示することが可能となる。さらに各々のミラーアレイの振動には第1の実施の形態と同様に積層型の圧電素子からなるアクチュエータを用いるので、ミラーアレイの移動の切り替え時間は1ミリ秒以下と高速の切り替えができる。従って切り替え遅延によるコントラストの低下は引き起こさない。

【0066】本発明の第5の実施の形態による投射型表示装置を図13乃至図18を用いて説明する。本実施の形態における投射型表示装置は、表示用液晶ライトバルブなどの光変調素子の画素数を増やすことなく投射表示画像の高精細化を実現するために、光変調素子からの出射光を離散的に拡げる画素分離手段、画素分離手段により分離された画素間隙を補間するように各画素の投影領域を変更する投影領域変更手段、及び複数のフィールドで1フレームを構成する手段により時分割表示を行うことを基本としている。そして、光変調素子で表示される画像を画素分離手段と投影領域変更手段からなる光学素子に結像させる結像光学系を備えている点に特徴を有している。本発明では、通常投射型表示装置に用いられている光源、集光光学部品、色分離合成光学部品、2次元状に配列された多数の画素で構成されている表示用液晶ライトバルブなどの光変調素子、投影レンズなどの構成部品に加え、光変調素子からスクリーンに至る光路上

に、光変調素子に供給するフィールド信号に同期させて、光変調素子からの出射光を離散的に拡げ画素分離を行い、かつ離散的に拡げられた画素間隙を補間するように各画素の投影領域の変更を行う光学素子を配置し、光の利用効率を低下させずに多画素化を図っている。

【0067】図13は本実施の形態における投射型表示装置の構成配置図、図14は光変調素子からの出射光を離散的に拡げる光学素子の構造及び光変調素子との相関を示した基本構成図、図15は図14の基本構成図を光変調素子からの出射光の光軸に平行な面で切断したときの縦断面図である。

【0068】図13において、1は光源、2は自然光を平行光に変換するためのコリメート変換レンズ、3は2次元状に配列された多数の画素で構成されている光変調素子、70は光変調素子で表示される画像をミラーアレイに結像させる結像光学系、8は拡大投射レンズ、9はスクリーン、10は光変調素子からの出射光を離散的に拡げかつ離散的に拡げられた間隙を補間する光学素子である。図14および図15において、4はミラーアレイ、6は圧電素子からなるアクチュエータ、8'は拡大投射レンズ面である。ミラーアレイ4は、光変調素子3から拡大投射レンズ面8'に至る光路上に配置され、光変調素子3からの出射光を光軸Xに対して同一の所定角度方向に反射させる反射面41、42・・・が階段状に、すなわち光変調素子の画素からの出射光の光軸方向に離間しかつ異なる平面内に形成されている。アクチュエータ6は、ミラーアレイ4の光変調素子3側とは反対側の面にミラーアレイ4に接して配置されており、ミラーアレイ4を光変調素子3に供給するフィールド信号に同期させて光変調素子3からの出射光の光軸X方向に移動あるいは振動できるように形成されている。

【0069】本実施の形態で用いた光変調素子3は、poly-Si TFT（多結晶シリコンをチャネル層に用いた薄膜トランジスタ）を用いたアクティブマトリクス方式の液晶ライトバルブであり、液晶材料には偏光板を必要としない液晶高分子複合体（Liquid Crystal Polymer Composite）を用いている。また光変調素子3の画素数は $m \times n$ で、画素ピッチ p は水平、垂直ともに一般的な値である $50 \mu m$ とした。

【0070】ミラーアレイ4の基板は、材料にプラスチックあるいはアクリル樹脂等を用い、金型による射出成形で所定の形状に形成されている。シリコンウエハーに異方性エッチングを行ったり、ガラス基板の研磨や放電加工したりしてミラーアレイ4の基板を作製することもできる。この基板上にアルミニウム（Al）等高反射率の膜を蒸着あるいはスパッタリングにより形成することにより所望の光反射ができる階段状の反射面41、42・・・を得ることができる。ミラーアレイ4の大きさは光変調素子3とほぼ同じ大きさで、重量も約10g以下

と軽量である。

【0071】ミラーアレイ4の反射面41は光変調素子3からの出射光の光軸Xに対して θ 傾斜している。光変調素子3からの出射光Xfを反射面41で反射して進行方向をX方向からZ方向に変え、拡大投射レンズ面8'に垂直に入射する。光変調素子3は、結像光学系70による光変調素子3の結像面がミラーアレイ4の各反射面41、42・・・になるように、光源からの平行光の光軸、すなわち光変調素子3からの出射光の光軸Xに対して α 傾けてある。本実施の形態においては、ミラーアレイ4の反射面41の光変調素子3からの出射光の光軸とのなす角を $\theta = 45^\circ$ 、光変調素子3の光軸Xとのなす角 α を $\tan \alpha = 1/2$ となるようにした。ミラーアレイ4の階段形状を構成するもう一方の面43は光変調素子3からの出射光の光軸Xに対して平行に形成されている。反射面41、面43はともに帯状に形成されている。反射面41、面43の光変調素子3からの出射光の光軸X方向の寸法 a 、 b は、 $p \times \sin \alpha$ （ $= 10\sqrt{5} \mu m$ ）である。

【0072】アクチュエータ6には、高歪率圧電セラミック材料からなる積層型の圧電素子を用いている。アクチュエータ6はミラーアレイ4の光変調素子3側とは反対側の面に接着され、光変調素子3に供給するフィールド信号に同期してミラーアレイ4を光変調素子3からの出射光の光軸X方向に移動変化させる。

【0073】次に、上記構成の光学系により画像をシフトさせて高精細な画像を表示させる動作を図15及び図4を用いて説明する。本実施の形態においては1画面

（1フレーム）を2つの画像（フィールド）に分割して表示させる場合を説明する。垂直方向の画素数が光変調素子3の画素数の2倍である原画像を垂直方向に1画素おきに間引いて2つの画像に分解し、分解された1つの画像は第1のフィールドで表示する。ここでは光変調素子3の垂直方向の1画素列からの出射光に着目して説明する。図15において、第1のフィールドでのミラーアレイ4は図中Aの位置にある。光変調素子3からの出射光X1（1, 1）、X1（2, 1）は、結像光学系70により倒立像としてミラーアレイ4の反射面41、42で反射し、拡大投射レンズ面8'への入射光Z1（1, 1）、Z1（2, 1）として拡大投射レンズ面8'に垂直に入射する。光変調素子3からの出射光はミラーアレイ4で反射して、拡大投射レンズ面8'上で離散的に拡げられている。

【0074】次に第2のフィールドでは第1のフィールドで間引かれた残りの画像を表示する。このフィールドではフィールド信号に同期させてアクチュエータ6によりミラーアレイ4を光変調素子3からの出射光の光軸X方向にBの位置まで移動させる。AからBの位置までのミラーアレイ4の移動量 L は $p \times \sin \alpha$ （ $= 10\sqrt{5} \mu m$ ）である。光変調素子3からの出射光X2（1,

10

20

30

40

50

1)、X2(2,1)は結像光学系70により倒立像としてミラーアレイ4の反射面41'、42'で反射し、拡大投射レンズ面8'への入射光Z2(1,1)、Z2(2,1)として拡大投射レンズ面8'に垂直に入射する。第2のフィールドにおいて、光変調素子3からの出射光は移動したミラーアレイ4で反射して第1のフィールドで離散的に拡げられた拡大投射レンズ面8'上の間隙を補間する。拡大投射レンズ面8'の面積は従来に比べて光変調素子3の面積の少なくとも2倍の面積が必要となるが拡大投射レンズ8の拡大倍率は半分でよい。

【0075】第1および第2のフィールドにおいて、光変調素子3の表示部がスクリーン上での投影される位置を図4に示す。図4において、P1(i,j)、P2(i,j)、(i=1~m, j=1~n)はそれぞれ第1および第2のフィールドで光変調素子3の表示部がスクリーン9上で投射される位置である。このように本実施の形態によるミラーアレイ4を含む光学系の構成を用いることにより、光変調素子3での同一画素を2つのフィールドで隣接する2つの画素として投射表示できるようになる。すなわち光変調素子3の画素数で決まる解像度の2倍の解像度で拡大表示することができるようになる。本実施の形態による投射型表示装置では隣接する2つの画素を時分割で表示するが、通常のテレビジョン画像の1フレーム期間(1/30msec)程度の短時間内に2つのフィールド画像を表示すれば人間の目の残像効果により1枚の高精細な画像として見る事ができる。

【0076】ここで、図16及び図17を用いて結像光学系70の作用を説明する。まず図13に示したように光源1から出射された光はコリメート変換手段2によりコリメート変換され、光変調素子3に入射し、画像信号に応じた光変調が行われる。光変調素子3で変調された光は、結像光学系70によりミラーアレイ4の反射面41、42・・・に入射する。このとき結像光学系70が挿入されていないと仮定すると図16に示すように、理想的な平行光とならない光変調素子3からの光が、入射すべきミラーアレイ4の反射面に入射せずに隣接するミラーアレイ4の反射面に入射してしまうことになる。その結果、拡大投射レンズ面8'では、本来入射すべきミラーアレイによって集光される位置から離れた位置に集光され、スクリーン上で本来の表示位置から離れて表示されてしまう。

【0077】このような状態では、スクリーン上で本来表示されるべき画像と異なる画像が表示されることになるから表示画像のコントラストが低下してしまうことになる。光変調素子3からの光が理想的な平行光でない場合でも、本実施の形態のように光変調素子3からミラーアレイ4に至る光路上に結像光学系70を配置することにより、光変調素子3の各画素からの出射光の全てをミラーアレイの所定の各反射面に入射できるようになる。

本実施の形態の結像光学系70は、実像に対して1対1の倒立像を形成する光学系である。

【0078】図17は本実施の形態による結像光学系70を用いた結像の様子を示している。rはレンズの焦点距離である。光変調素子3からの出射された平行光は、ミラーアレイ4平行に入射される必要があるので、結像光学系70は少なくとも2つのレンズを組合せて構成されるアフォーカル光学系を用いている。光変調素子3の各画素からの出射光は結像光学系70によりミラーアレイ4の所定の各反射面に入射する。理想的な平行光でない光変調素子3からの光は、ミラーアレイ4の各反射面に入射する角度がずれるので、拡大投射レンズ面8'では集光される画素は少し広がった形になるが、図17に示した隣接するミラーアレイの反射面に別の画素の一部が表示されるようなことはないので画像のコントラストを低下させることはない。

【0079】本実施の形態では、結像光学系70は1対1の倒立像を形成する光学系であったが、それ以外にk倍の像を形成する光学系であっても、1/k倍の像を形成する光学系であってもよい。

【0080】本実施の形態では多画素化のための光学素子として反射率の高い反射面を有したミラーアレイを用いているため、従来の投射型表示装置のように画像を離散的にするために光変調素子からの出射光を遮光させる手段等を用いる必要はない。また光変調素子からスクリーンに至る光路上に、偏光板や偏光方向を旋回させることにより画像をシフトするための液晶パネル等の光吸収を行う光学系が存在しないので光の利用効率を低下させずに高精細な画像を表示することができるようになる。

【0081】さらに本実施の形態においては、フィールド信号に同期させたミラーアレイの振動の振幅は数10μm以下、振動周波数は数10Hz~数100Hzである。またミラーアレイ4は光変調素子と同等の大きさに形成出来るので、重量は約10g以下と軽量にできる。本実施の形態で用いた積層型の圧電素子からなるアクチュエータ6の駆動能力は数kHzであるので、ミラーアレイ4の移動の切り替え時間は1ミリ秒以下と高速の切り替えができる。このように高速応答性を有しているので、画素間隙を補間するように画素の投射領域を変更するためのミラーアレイの位置の切り替え時間の1フィールド内の占める割合は数%以下になる。従って切り替え遅延によるコントラストの低下は生じない。

【0082】本実施の形態においては、ミラーアレイ4の移動量Lが最小となるように、ミラーアレイ4の反射面41、42・・・は光変調素子3からの出射光の光軸Xに対して45°傾斜させたが、反射面41、42・・・の傾斜角度θは0<θ<90°で任意に設定できる。また本実施の形態においては、結像光学系70は1対1の倒立像を形成する光学系であったが、それ以外にk倍の像を形成する光学系を用いることも可能である。また

本実施の形態においては、1フレームを2つのフィールドに分割して表示させるようにしたが、反射面41、42・・・の傾斜角度 θ を $0 < \theta < 90^\circ$ で任意に設定し、ミラーアレイ4の面43の光変調素子3からの出射光の光軸X方向の寸法b、およびミラーアレイ4の移動量Lを最適化することにより、1フレームを3つ以上のフィールドに分割して表示を行うことも可能である。

【0083】ミラーアレイ4の帯状の反射面41の光変調素子3からの出射光の光軸とのなす角 θ を $0 < \theta < 90^\circ$ で任意に設定し、k倍の像を形成する結像光学系70を用いて、1フレームをf個のフィールドに分割して表示を行う場合の光学素子の構造及び光学素子と結像光学系と光変調素子との関係を図18を用いて説明する。第1のフィールドでは光変調素子3からの出射光は結像光学系70によりk倍の倒立像としてミラーアレイ4の反射面41で角度 θ で反射して拡大投射レンズ面8'に垂直に入射する。次に第2のフィールドではミラーアレイ4はAからBに移動し、光変調素子3からの出射光はミラーアレイ4の反射面41'で反射され、拡大投射レンズ面8'に入射する。次に第f番目のフィールドではミラーアレイ4はBからCの位置に移動し、ミラーアレイ4の反射面41''で反射され、拡大投射レンズ面8'に入射する。以上の動作により光変調素子からの出射光を離散的に拡げ、かつ離散的に拡げられた間隙を補間して多画素化表示ができるようになる。

【0084】ここで反射面41、面43の光変調素子3からの出射光の光軸X方向の寸法a、bは以下の式のように表される。

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$a = k p \sin \alpha / \tan \theta, \\ b = k (f-1) p \sin \alpha (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta)$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$a = k p \sin \alpha, \\ b = k (f-1) p \sin \alpha$$

すなわちミラーアレイの帯状の反射面の間隔、例えば反射面41と反射面42の光変調素子3からの出射光の光軸方向の間隔M(=a+b)は、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$M = k p \sin \alpha \times [1 / \tan 2 \theta + (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta) \times f]$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$M = k p \sin \alpha \times f$$

である。

【0085】またf個のフィールドに分割して表示を行う場合、フィールド信号に同期させて移動するミラーアレイ4の移動量Lはb/(f-1)となり、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$L = k p \sin \alpha (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta)$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$L = k p \sin \alpha$$

である。さらに離散的に画素を補間するので、フィールド信号に同期させて移動するミラーアレイ4の移動量Lは上述の関係から、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$L = k p \sin \alpha (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta) \text{ の整数倍}$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$L = k p \sin \alpha \text{ の整数倍}$$

であつてもかまわない。ここでミラーアレイ4の各反射面の光変調素子3からの出射光の光軸Xとのなす角 θ と、光変調素子3の光軸Xとのなす角 α の関係は以下の式のように表される。

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$\tan \alpha = 1 / \{ k \times [1 / \tan 2 \theta + (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta) \times f] \}$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$\tan \alpha = 1 / k f$$

【0086】本実施の形態では、アクチュエータ6として高歪率圧電セラミック材料からなる積層型の圧電素子を用いたが、光変調素子3に供給するフィールド信号の周波数(数10Hz～数100Hz)に同期させてミラーアレイ4を光変調素子3からの出射光の光軸X方向に $k p \sin \alpha$ の整数倍($\theta = 45^\circ$ のとき)移動変化させることができればよいので、電磁アクチュエータ、リニアアクチュエータ、ステッピングモータなどを用いることもきる。

【0087】また本実施の形態では、モノクロの投射型表示装置を用いたが、光源からの光を複数の色に分離する色分離分離手段と、分離された複数の色の光をそれぞれ変調する複数の画素を有する複数の光変調素子と、変調された複数の色の光を合成する色合成手段とを有し、複数の光変調素子で表示されたカラー画像をスクリーン上に拡大投射するカラー投射型表示装置においても、色合成手段からスクリーンに至る光路中に、ミラーアレイとアクチュエータからなる光学素子と、光変調素子からの出射光を集光させて光学素子に結像させる結像光学系とを配置し時分割表示を行うことで多画素化できることは自明である。

【0088】次に本発明の第6の実施の形態による投射型表示装置を図19および図7を用いて説明する。本実施の形態による投射型表示装置の第5の実施の形態との相違点は、光変調素子から拡大投射レンズ面に至る光路上に、光変調素子からの出射光を光軸に対して同一の所定角度反射させる反射面を階段状に有し、かつ反射面を反射面に入射する光の光軸方向にシフトさせる手段を有する光学素子を少なくとも二つ設け、複数のフィールドで1フレームを構成し時分割表示を行う点にある。

【0089】図19は本実施の形態による投射型表示装置を説明するための光変調素子からの出射光を離散的に

広げる光学素子の構造及び光変調素子との相関を示した基本構成図である。図中図13から図15と同一の構成部材については、同一符号を付している。

【0090】図19において、1は光源、2はコリメートレンズ、3光変調素子、70は第1の結像光学系、70'は第2の結像光学系、4は第1のミラーアレイ、5は第2のミラーアレイ、6は圧電素子からなる第1のアクチュエータ、7は圧電素子からなる第2のアクチュエータ、8'は拡大投射レンズ面である。光源1、コリメートレンズ2、光変調素子3、第1の結像光学系70、第1のミラーアレイ4および第1のアクチュエータ6は

【0091】第2のミラーアレイ5は、第1のミラーアレイ4と第1のアクチュエータ6からなる第1の光学素子から拡大投射レンズ面8'に至る光路上に配置され、第1の光学素子からの出射光を光軸Zに対して所定角度変化させる反射面51、52が階段状に形成されている。第2のアクチュエータ7は、第2のミラーアレイ5の第1のミラーアレイ4側とは反対側の面に第2のミラーアレイ5に接して配置されており、第2のミラーアレイ5を光変調素子3に供給するフィールド信号に同期させて第1の光学素子からの出射光の光軸Z方向に移動あるいは振動できるように形成されている。

【0092】第2の結像光学系70'は、第1のミラーアレイ4から第2のミラーアレイ5に至る光路上に、第1のミラーアレイ4の各反射面からの出射光を第2のミラーアレイ5の所定の各反射面に入射できるように配置されている。本実施の形態の第1の結像光学系70および第2の結像光学系70'はともに実像に対して1対1の倒立像を形成する光学系である。また本実施の形態の第2の結像光学系70'の構成およびその作用は、第5の実施の形態と同様である。光変調素子3、第1のミラーアレイ4と第1のアクチュエータ6からなる第1の光学素子、第2のミラーアレイ5と第2のアクチュエータ7からなる第2の光学素子、拡大投射レンズ面8'の位置関係は、光変調素子3からの出射光 $X_f(i, j)$ の光軸Xと第1の光学素子からの出射光 $Z_f(i, j)$ の光軸Zと第2の光学素子からの出射光 $Y_f(i, j)$ の光軸Yが互いに直交している。

【0093】ミラーアレイ5の基板は、ミラーアレイ4と同様の方法で形成でき、所望の光反射ができる階段状の反射面51、52を得ることができる。

【0094】ミラーアレイ5の反射面51は第1の光学素子からの出射光の光軸Zに対してミラーアレイ4と同様に角度 θ 傾斜しており、第1の光学素子からの出射光を反射面51により進行方向をZ方向からY方向に変え、拡大投射レンズ面8'に垂直に入射させる。光変調素子3は、結像光学系70による光変調素子3の結像面がミラーアレイ4の各反射面41、42・・・になるように、光源からの平行光の光軸、すなわち光変調素子3

からの出射光の光軸Xに対して α 傾けてある。本実施の形態においては、ミラーアレイ4の反射面41の光変調素子3からの出射光の光軸Xとのなす角 θ およびミラーアレイ5の反射面51の第1の光学素子からの出射光の光軸Zとのなす角 θ は 45° とした。ミラーアレイ5の面53は第1の光学素子からの出射光の光軸Zに対して平行に形成されている。反射面51、面53はともに帯状に形成されており、反射面41、面43の第1の光学素子からの出射光の光軸Z方向の寸法 a' 、 b' は、 $p \times \sin \alpha (=10\sqrt{5} \mu m)$ である。

【0095】アクチュエータ7はアクチュエータ6と同様の構成であり、ミラーアレイ5の第1の光学素子側とは反対側の面の接着し、光変調素子3に供給するフィールド信号に同期してミラーアレイ5を第1の光学素子からの出射光の光軸Z方向に移動変化させる。

【0096】次に、上記構成の光学系により画像をシフトさせて高精細な画像を表示させる動作を図19及び図7を用いて説明する。本実施の形態においては1画面(1フレーム)を4つの画像(フィールド)に分割して表示させる場合で説明する。すなわち、水平および垂直方向の画素数がそれぞれ光変調素子3の画素数の2倍である原画像を水平および垂直方向に1画素おきに間引いて4つの画像に分解し、分解された第1の画像は第1のフィールドで表示する。このフィールドではミラーアレイ4の位置はA、ミラーアレイ5の位置はA'にある。

【0097】光変調素子3のそれぞれの画素からのからの出射光 $X1(1, 1)$ 、 $X1(1, 2)$ 、 $X1(2, 1)$ 、 $X1(2, 2)$ は第1の光学素子のミラーアレイ4の反射面41、42で反射し、第2の光学素子への入射光 $Z1(1, 1)$ 、 $Z1(1, 2)$ 、 $Z1(2, 1)$ 、 $Z1(2, 2)$ として第2の光学素子に垂直に入射する。第2の光学素子への入射光 $Z1(1, 1)$ 、 $Z1(1, 2)$ 、 $Z1(2, 1)$ 、 $Z1(2, 2)$ はミラーアレイ5の反射面51、52で反射し、それぞれ拡大投射レンズ面8'への入射光 $Y1(1, 1)$ 、 $Y1(1, 2)$ 、 $Y1(2, 1)$ 、 $Y1(2, 2)$ として拡大投射レンズ面8'の領域 $P1(1, 1)$ 、 $P1(1, 2)$ 、 $P1(2, 1)$ 、 $P1(2, 2)$ に垂直に入射する。光変調素子3からの出射光はミラーアレイ4およびミラーアレイ5により拡大投射レンズ面8'上で離散的に広げられる。

【0098】次に第2のフィールドでは分解された第2の画像を表示する。このフィールドではフィールド信号に同期させてアクチュエータ6によりミラーアレイ4を光変調素子3からの出射光の光軸X方向にBの位置まで移動させる。ここでAからBの位置までのミラーアレイ4の移動量Lは $p \times \sin \alpha (=10\sqrt{5} \mu m)$ である。ミラーアレイ5の位置は第1のフィールドと同じである。光変調素子3のそれぞれの画素からのからの出射光 $X2(1, 1)$ 、 $X2(1, 2)$ 、 $X2(2, 1)$ 、

X2 (2, 2) は第1の光学素子のミラーアレイ4の反射面41'、42'で反射し、第2の光学素子への入射光Z2 (1, 1)、Z2 (1, 2)、Z2 (2, 1)、Z2 (2, 2)として第2の光学素子に垂直に入射する。第2の光学素子への入射光Z2 (1, 1)、Z2 (1, 2)、Z2 (2, 1)、Z2 (2, 2)はミラーアレイ5の反射面51、52で反射し、それぞれ拡大投射レンズ面8'への入射光Y2 (1, 1)、Y2 (1, 2)、Y2 (2, 1)、Y2 (2, 2)として拡大投射レンズ面8'の領域P2 (1, 1)、P2 (1, 2)、P2 (2, 1)、P2 (2, 2)に垂直に入射する。第2のフィールドでは、光変調素子3からの出射光は第1のフィールドで離散的に拡げられた間隙のうち光変調素子3からの出射光の光軸X方向を補間する。

【0099】次に第3のフィールドでは分解された第3の画像を表示する。このフィールドではフィールド信号に同期させてアクチュエータ7によりミラーアレイ5を第1の光学素子からの出射光の光軸Z方向にB'の位置まで移動させる。ここでA'からB'の位置までのミラーアレイ4の移動量L'は $p \times \sin \alpha (=10\sqrt{5} \mu m)$ である。ミラーアレイ4の位置は第2のフィールドと同じである。光変調素子3のそれぞれの画素からの出射光X3 (1, 1)、X3 (1, 2)、X3 (2, 1)、X3 (2, 2)は第1の光学素子のミラーアレイ4の反射面41'、42'で反射し、第2の光学素子への入射光Z3 (1, 1)、Z3 (1, 2)、Z3 (2, 1)、Z3 (2, 2)として第2の光学素子に垂直に入射する。第2の光学素子への入射光Z3 (1, 1)、Z3 (1, 2)、Z3 (2, 1)、Z3 (2, 2)はミラーアレイ5の反射面51'、52'で反射し、それぞれ拡大投射レンズ面8'への入射光Y3 (1, 1)、Y3 (1, 2)、Y3 (2, 1)、Y3 (2, 2)として拡大投射レンズ面8'の領域P3 (1, 1)、P3 (1, 2)、P3 (2, 1)、P3 (2, 2)に垂直に入射する。第3のフィールドでは、光変調素子3からの出射光は第1のフィールドで離散的に拡げられた間隙のうち光変調素子3からの出射光の光軸Z方向を補間したことになる。

【0100】次に第4のフィールドでは分解された第4の画像を表示する。このフィールドではフィールド信号に同期させてアクチュエータ6によりミラーアレイ4を光変調素子3からの出射光の光軸Z方向にAの位置まで移動させる。ここでBからAの位置までのミラーアレイ4の移動量Lは $p \times \sin \alpha (=10\sqrt{5} \mu m)$ である。すなわちミラーアレイ4を第1のフィールドでの位置に戻すことになる。ミラーアレイ5の位置は第3のフィールドと同じである。光変調素子3のそれぞれの画素からの出射光X4 (1, 1)、X4 (1, 2)、X4 (2, 1)、X4 (2, 2)は第1の光学素子のミラーアレイ4の反射面41、42で反射し、第2の光学

素子への入射光Z4 (1, 1)、Z4 (1, 2)、Z4 (2, 1)、Z4 (2, 2)として第2の光学素子に垂直に入射する。第2の光学素子への入射光Z4 (1, 1)、Z4 (1, 2)、Z4 (2, 1)、Z4 (2, 2)はミラーアレイ5の反射面51'、52'で反射し、それぞれ拡大投射レンズ面8'への入射光Y4 (1, 1)、Y4 (1, 2)、Y4 (2, 1)、Y4 (2, 2)として拡大投射レンズ面8'の領域P4 (1, 1)、P4 (1, 2)、P4 (2, 1)、P4 (2, 2)に垂直に入射する。第4のフィールドでは、光変調素子3からの出射光は第1のフィールドで離散的に拡げられた間隙のうち第2および第3のフィールドで補間した以外の残りの部分を補間することになる。拡大投射レンズ面8'の面積は従来に比べて光変調素子3の面積の少なくとも4倍の面積が必要となるが拡大投影レンズ8の拡大倍率は1/4でよい。

【0101】第1から第4のフィールドにおいて、光変調素子3の表示部がスクリーン9上での投影される位置を図7に示す。図7において、P1 (i, j)、P2 (i, j)、P3 (i, j)、P4 (i, j)、(i=1~m, j=1~n)はそれぞれ第1から第4のフィールドで光変調素子3の表示部がスクリーン9上での投影される位置である。このように本実施の形態によるミラーアレイ4およびミラーアレイ5を含む光学系の構成を用いることにより、光変調素子3での同一画素を用いて4つのフィールドで4つの画素として原画像を投射表示できるようになる。すなわち水平解像度、垂直解像度を光変調素子3の画素数で決まるそれぞれの解像度の2倍の解像度で表示することが可能となる。

【0102】本実施の形態では、第1の結像光学系70および第2の結像光学系70'は1対1の倒立像を形成する光学系であったが、それ以外に各々k1倍、k2倍の像を形成する光学系であってもよい。

【0103】本実施の形態では第5の実施の形態と同様に多画素化のための光学素子として反射率の高い反射面を有したミラーアレイを用いているため、従来の投射型表示装置のように画像を離散的にするために光変調素子からの出射光を遮光させる手段を用いる必要はなく、また光変調素子からスクリーンに至る光路上に、偏光板や偏光方向を旋回させることにより画像をシフトするための液晶パネル等の光吸収を行う光学系が存在しないため光の利用効率を低下させずに高精細な画像を表示することができるようになる。さらに第5の実施の形態と同様に積層型の圧電素子からなるアクチュエータを用いているので、ミラーアレイの移動の切り替え時間は1ミリ秒以下と高速の切り替えができ、切り替え遅延によるコントラストの低下は引き起こさない。

【0104】本実施の形態においては、ミラーアレイ4およびミラーアレイ5の移動量L、L'が最小となるように、ミラーアレイ4の反射面41、42・・・は光変

10

20

30

40

50

調素子3からの出射光の光軸Xに対して、ミラーアレイ5の反射面51、52・・・はミラーアレイ4からの出射光の光軸Zに対していずれも45°傾斜させたが、反射面41、42・・・および反射面51、52・・・の傾斜角度 θ は $0 < \theta < 90^\circ$ で任意に設定できる。また本実施の形態においては、1フレームを4つのフィールドに分割して表示させたが、反射面41、42・・・および反射面51、52・・・の傾斜角度 θ は $0 < \theta < 90^\circ$ で任意に設定し、 k_1 倍の像を形成する結像光学系70および k_2 倍の像を形成する結像光学系70'を用いて、ミラーアレイ4の面43の光変調素子3からの出射光の光軸X方向の寸法 b およびフィールド信号に同期させてミラーアレイ4を移動させる移動量 L 、ミラーアレイ5の面53のミラーアレイ4からの出射光の光軸Z方向の寸法 b' およびフィールド信号に同期させてミラーアレイ4を移動させる移動量 L' をそれぞれ最適化することにより、1フレームを4つ以上の f 個フィールドに分割して表示を行うことも可能である。

【0105】ここで第5の実施の形態における図16で示したと同様に、反射面41（反射面51）、面43（面53）の光変調素子3からの出射光の光軸X方向（ミラーアレイ4からの出射光の光軸Z方向）の寸法 a （ a' ）、 b （ b' ）は以下の式のように表される。

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$\begin{aligned} a &= k_1 \times p \sin \alpha / \tan \theta, \\ a' &= k_1 \times k_2 \times p \sin \alpha / \tan \theta, \\ b &= k_1 \times (f_1 - 1) p \sin \alpha (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta), \\ b' &= k_1 \times k_2 \times (f_2 - 1) p \sin \alpha (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta) \end{aligned}$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$\begin{aligned} a &= k_1 \times p \sin \alpha, \\ a' &= k_1 \times k_2 \times p \sin \alpha, \\ b &= k_1 \times (f_1 - 1) p \sin \alpha, \\ b' &= k_1 \times k_2 \times (f_2 - 1) p \sin \alpha \end{aligned}$$

【0106】但し、 f_1 、 f_2 は各々のミラーアレイに配分されたフィールド数であって、2以上の整数である。また、 $f = f_1 \times f_2$ である。複数のミラーアレイの帯状の反射面に入射する光の光軸方向の間隔、例えば反射面41と反射面42の光変調素子3からの出射光の光軸方向の間隔 M は、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$M = k_1 \times p \sin \alpha \times [1 / \tan 2 \theta + (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta) \times f_1]$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$M = k_1 \times p \sin \alpha \times f_1$$

である。

【0107】また f 個のフィールドに分割して表示を行う場合、フィールド信号に同期させて移動するミラーアレイ4の移動量 L は $b / (f_1 - 1)$ 、ミラーアレイ5

の移動量 L' は $b' / (f_2 - 1)$ となるから、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$L = k_1 \times p \sin \alpha (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta),$$

$$L' = k_1 \times k_2 \times p \sin \alpha (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta)$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$L = k_1 \times p \sin \alpha,$$

$$L' = k_1 \times k_2 \times p \sin \alpha$$

である。

【0108】さらに離散的に画素を補間するので、フィールド信号に同期させて移動するミラーアレイ4の移動量 L およびミラーアレイ5の移動量 L' は上述の関係から、

(1) $0 < \theta < 90^\circ$ 、 $\theta \neq 45^\circ$ のとき

$$L = k_1 \times p \sin \alpha (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta) \text{ の整数倍}$$

$$L' = k_1 \times k_2 \times p \sin \alpha (1 / \tan \theta - 1 / \tan 2 \theta) \text{ の整数倍}$$

(2) $\theta = 45^\circ$ のとき

$$L = k p \sin \alpha \text{ の整数倍、}$$

$$L' = k_1 \times k_2 \times p \sin \alpha \text{ の整数倍}$$

であつてもよい。

【0109】また本実施の形態においては、光変調素子3、第1のミラーアレイ4と第1のアクチュエータ6からなる第1の光学素子、第2のミラーアレイ5と第2のアクチュエータ7からなる第2の光学素子、拡大投射レンズ面8'の位置関係は、光変調素子3からの出射光 $X f(i, j)$ の光軸Xと第1の光学素子からの出射光 $Z f(i, j)$ の光軸Zと第2の光学素子からの出射光 $Y f(i, j)$ の光軸Yが互いに直交しているとしたが、第2の光学素子からの出射光 $Y f(i, j)$ の光軸Yが光変調素子3からの出射光 $X f(i, j)$ の光軸Xと第1の光学素子からの出射光 $Z f(i, j)$ の光軸Zを含む面に平行、あるいは光変調素子3からの出射光 $X f(i, j)$ の光軸Xと第1の光学素子からの出射光 $Z f(i, j)$ の光軸Zを含む面に直交する面に平行であるような位置関係でもかまわない。さらに本実施の形態においては、第1の光学素子と第2の光学素子の2つの光学素子と2つの結像光学系を用いて多画素化を行ったが、2つ以上の光学素子を用いてもよく、また第1の光学素子と第2の光学素子の2つの光学素子と2つの結像光学系を1組として複数組を組み合わせても多画素化できることは自明である。

【0110】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、光変調素子或いは色合成手段からスクリーンに至る光路上に、画像を離散的に分離する手段として光変調素子からの出射光を光軸に対して所定角度変化させる反射面を階段状に備えたミラーアレイを用い、且つ画像をシフトさせ投射

領域を変更する手段としてミラーアレイをミラーアレイの反射面に入射する光の光軸方向に振動させることにより複数のフィールドで1フレームを構成する時分割表示を行う構成としたので、光変調素子の画素数を増やすことなく解像度の高い画像（カラー画像を含む）を表示することが可能となる。

【0111】さらに本発明では多画素化のための光学素子として反射率の高い反射面を有したミラーアレイを用いているので、画像を離散的に分離するために光変調素子からの出射光を遮光させる手段を用いる必要はない。また光変調素子からスクリーンに至る光路上に、偏光板や偏光方向を旋回させることにより画像をシフトさせ投射領域を変更するための液晶パネル等の光吸収を伴う光学系が存在しないので光の利用効率を低下させずに高精細な画像を表示することが可能となる。

【0112】またミラーアレイを振動させるための圧電素子等からなるアクチュエータの駆動能力は数KHzであるから、約10g以下の軽量のミラーアレイの移動に要する切り替え時間は1ミリ秒以下と高速にすることができる。ミラーアレイの位置の切り替え時間の1フィールド内の占める割合は数%以下になるため、切り替え遅延によるコントラストの低下は引き起こさない。

【0113】さらに本発明により新たに使用する光学素子はプラスチック或いはアクリル樹脂に反射膜を蒸着したミラーアレイ、及び圧電素子等のアクチュエータという構造が簡単で、しかも大きさが数cmで光変調素子と同等のサイズであるため、装置サイズは従来の装置とほぼ同じにすることができる。またこれらの光学素子は精度よく安価に製造できるので、装置のコストも従来の装置とほとんど変わらない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による投射型表示装置を示す図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態におけるミラーアレイの構造、及び光学素子と光変調素子との相関を示した図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態におけるミラーアレイを光変調素子からの出射光の光軸に平行な面で切断した縦断面図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態における光変調素子の表示部がスクリーン上で投射される位置を示した説明図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態におけるミラーアレイ構造及び光変調素子との相関を示した図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態におけるミラーアレイの構造、及び光学素子と光変調素子との相関を示した図である。

【図7】本発明の第2の実施の形態における光変調素子の表示部がスクリーン上で投射される位置を示した説明図である。

【図8】本発明の第3の実施の形態によるカラー投射型表示装置を示す図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態におけるミラーアレイの構造、及び光学素子と光変調素子との相関を示した図である。

【図10】本発明の第3の実施の形態におけるミラーアレイを光変調素子からの出射光の光軸に平行な面で切断した縦断面図である。

【図11】本発明の第3の実施の形態におけるミラーアレイ構造及び色合成手段との相関を示した図である。

【図12】本発明の第4の実施の形態におけるミラーアレイの構造、及び光学素子と光変調素子との相関を示した図である。

【図13】本発明の第5の実施の形態による投射型表示装置を示す図である。

【図14】本発明の第5の実施の形態におけるミラーアレイの構造、及び光学素子と光変調素子との相関を示した図である。

【図15】本発明の第5の実施の形態におけるミラーアレイを光変調素子からの出射光の光軸に平行な面で切断した縦断面図である。

【図16】結像光学系がない場合の光変調素子からの出射光がミラーアレイに集光する位置を示す図である。

【図17】本発明の第5の実施の形態における結像光学系を用いた場合の光変調素子からの出射光がミラーアレイに集光する位置を示す図である。

【図18】本発明の第5の実施の形態におけるミラーアレイの構造、および光変調素子との相関を示した図である。

【図19】本発明の第6の実施の形態におけるミラーアレイの構造、および光変調素子との相関を示した図である。

【図20】従来の投射型表示装置の構成を示す説明図である。

【図21】従来のカラー投射型表示装置の構成を示す説明図である。

【図22】従来の投射型表示装置の構成を示す説明図である。

【図23】従来の投射型表示装置により投射された画像の構成を示す説明図である。

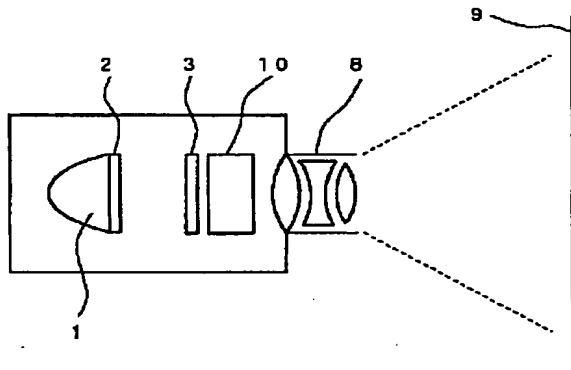
【図24】従来の投射型表示装置の構成を示す説明図である。

【符号の説明】

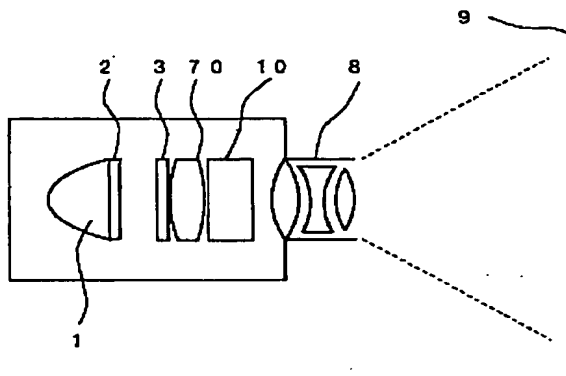
- 1 光源
- 2 コリメート変換レンズ
- 3 光変調素子
- 4 第1のミラーアレイ
- 5 第2のミラーアレイ
- 6 圧電素子からなる第1のアクチュエータ
- 7 圧電素子からなる第2のアクチュエータ

- 8 投射レンズ
 8' 拡大投射レンズ面
 9 スクリーン
 10 光学素子
 11 複数の光源からなる光供給部
 12 複数の透過型液晶パネルからなる光変調素子群
 13 光学デバイス
 14 偏光方向制御用液晶パネル
 15 水晶板
 20 色分離手段
 21 ミラー
 22 色合成手段
 23～25 光変調素子
 41、42、41'、42' 第1のミラーアレイの反射面
 43、44 出射光の光軸に平行な第1のミラーアレイの面
 51、52、51'、52' 第2のミラーアレイの階段状の反射面
 53、54 第1の光学素子からの出射光の光軸に平行な第2のミラーアレイの面
 70 第1の結像光学系

【図1】

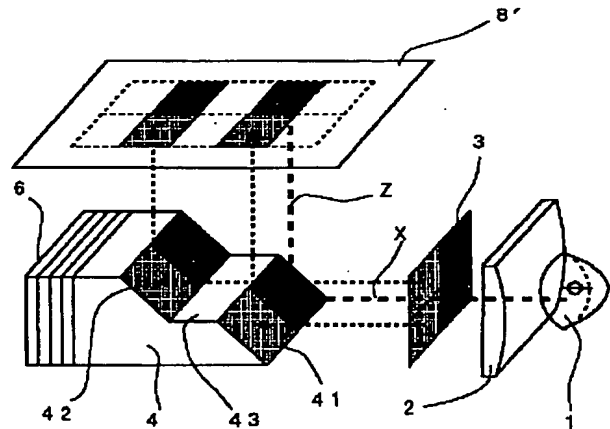


【図13】

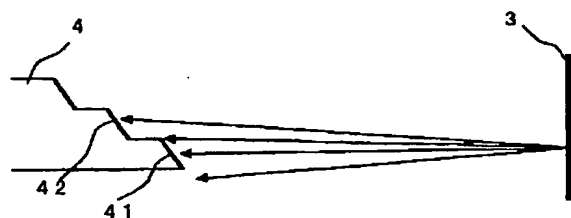


- 70' 第2の結像光学系
 θ ミラーアレイの反射面の反射面への入射光の光軸とのなす角
 $Xf(i, j)$ 光変調素子からの出射光
 $Yf(i, j)$ 第2の光学素子からの出射光
 $Zf(i, j)$ 第1の光学素子からの出射光
 $Pf(i, j)$ 第fのフィールドで光変調素子の表示部がスクリーン上での投射される領域
 p 光変調素子の画素ピッチ
 10 a 第1のミラーアレイの反射面の光変調素子からの出射光の光軸方向の寸法
 b 光変調素子からの出射光の光軸に平行な第1のミラーアレイの階段状の面の光変調素子からの出射光の光軸方向の寸法
 a' 第2のミラーアレイの反射面の第1の光学素子からの出射光の光軸方向の寸法
 b' 第1の光学素子からの出射光の光軸に平行な第2のミラーアレイの階段状の面の第1の光学素子からの出射光の光軸方向の寸法
 L 第1のミラーアレイの移動量
 L' 第2のミラーアレイの移動量

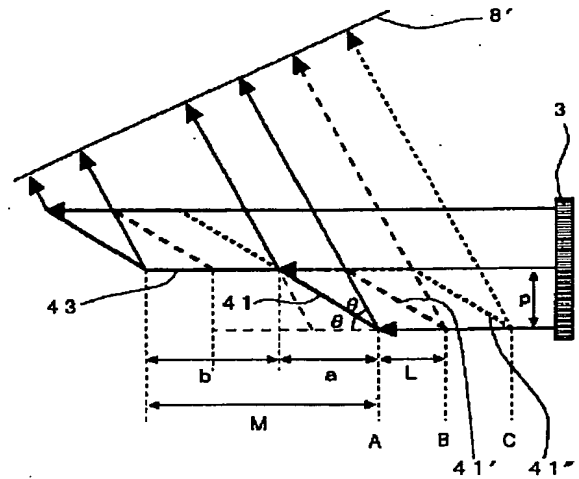
【図2】



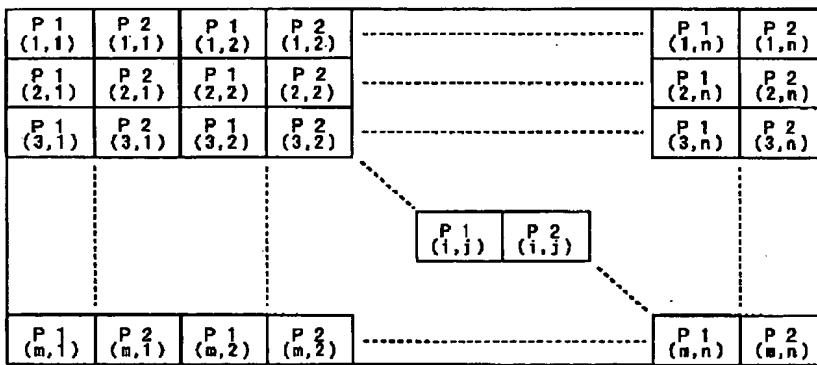
【図16】



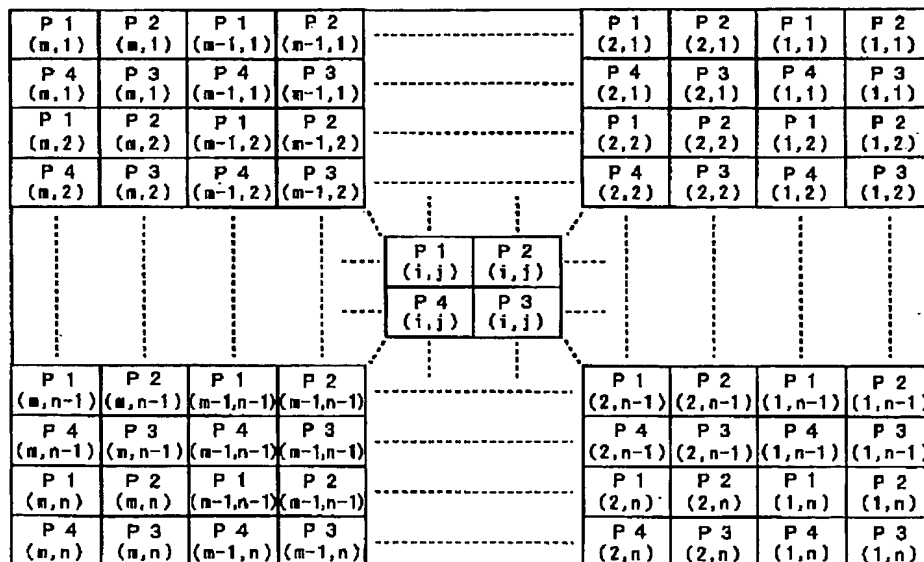
【図5】



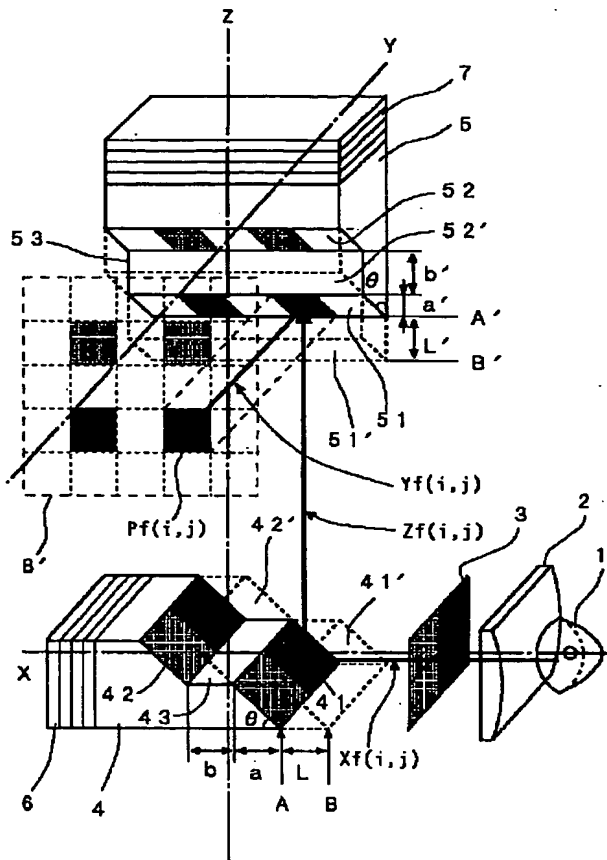
【図 4】



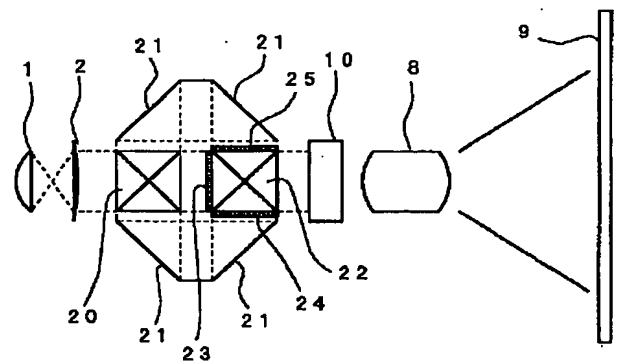
【图 7】



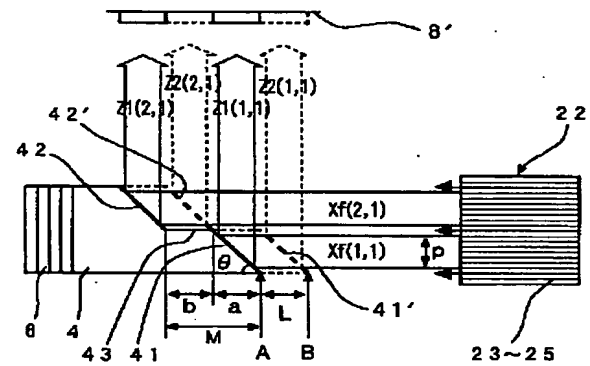
【図6】



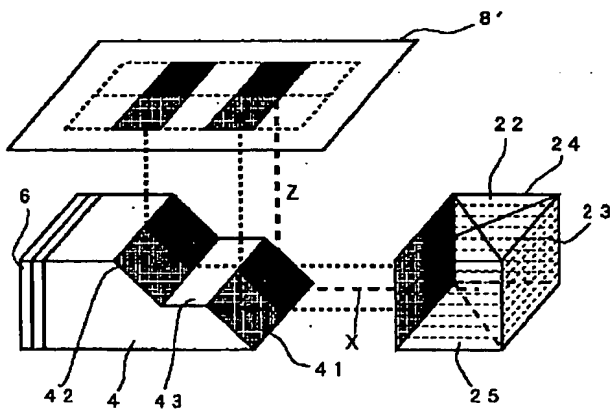
【図8】



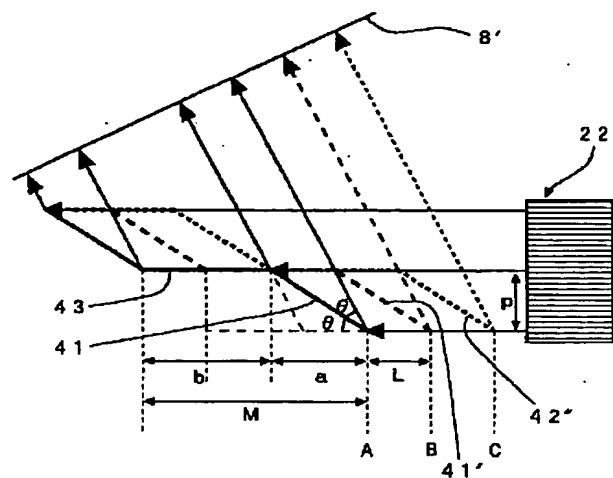
【図10】



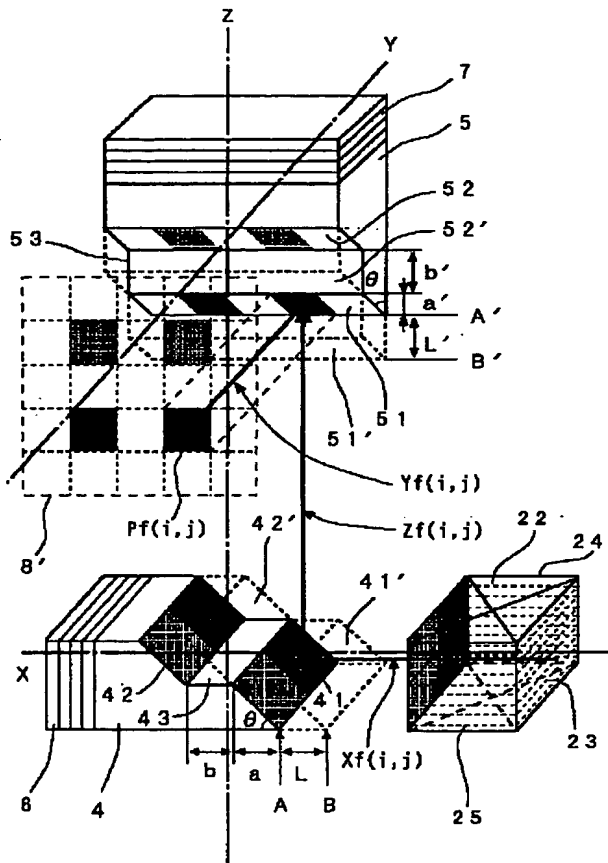
【図9】



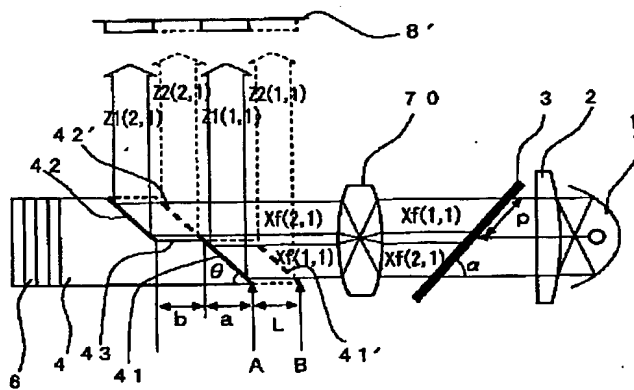
【図11】



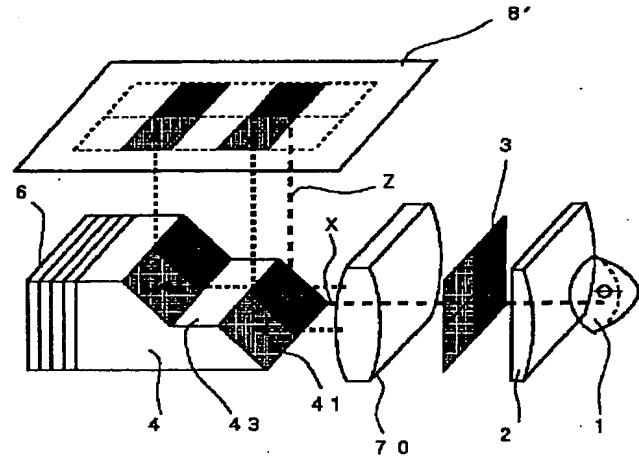
【図12】



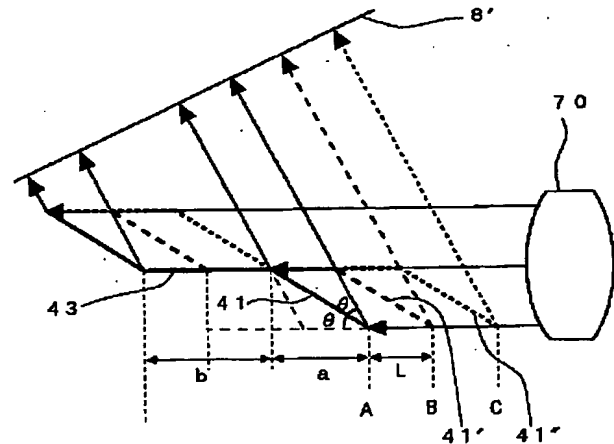
【図15】



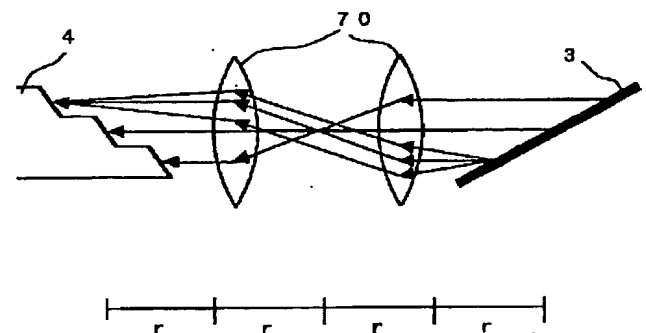
【図14】



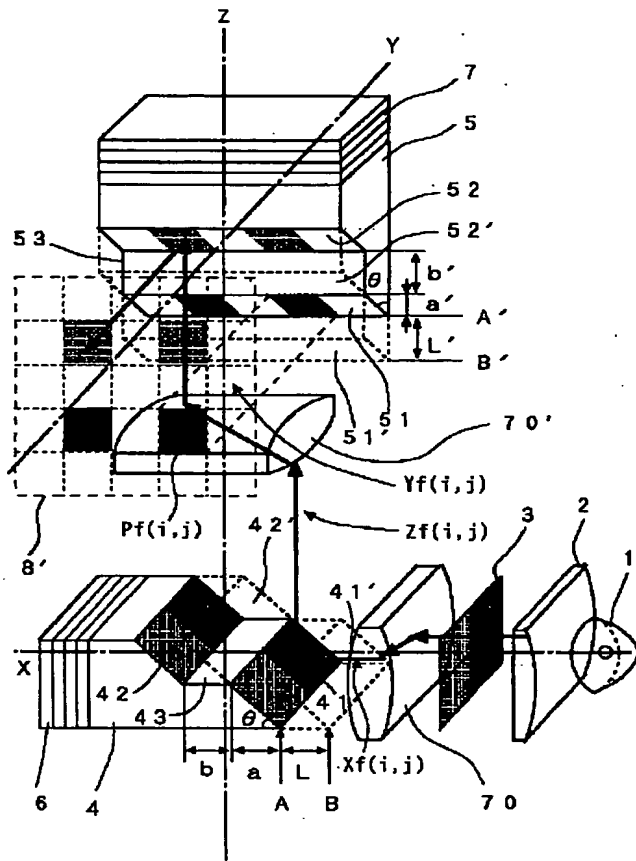
【図18】



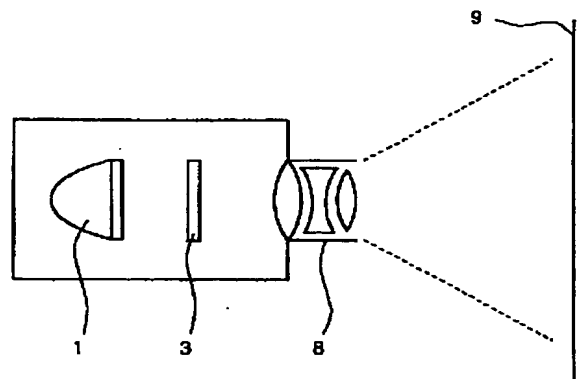
【図17】



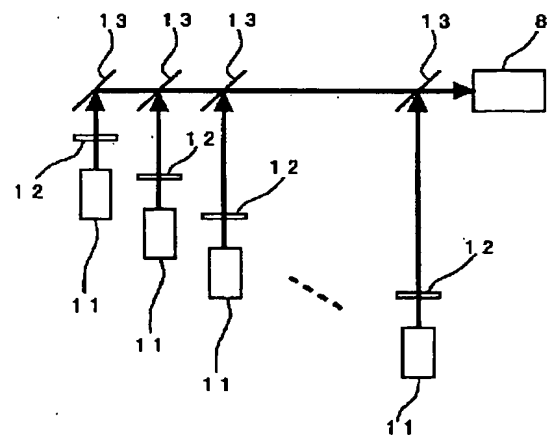
【図 19】



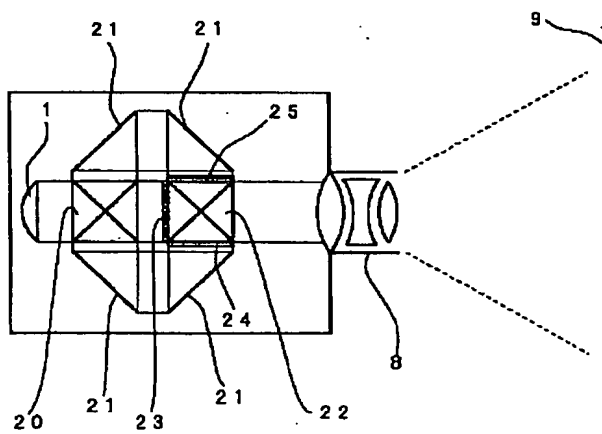
【図 20】



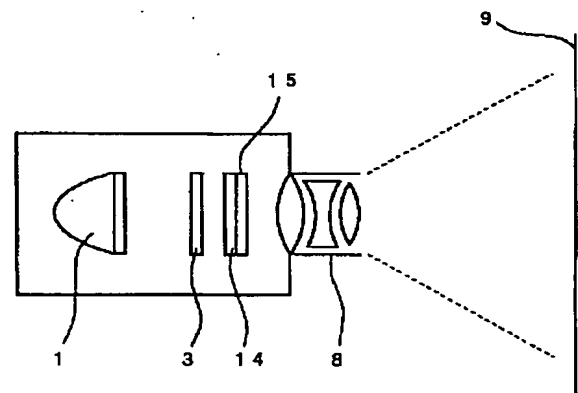
【図 22】



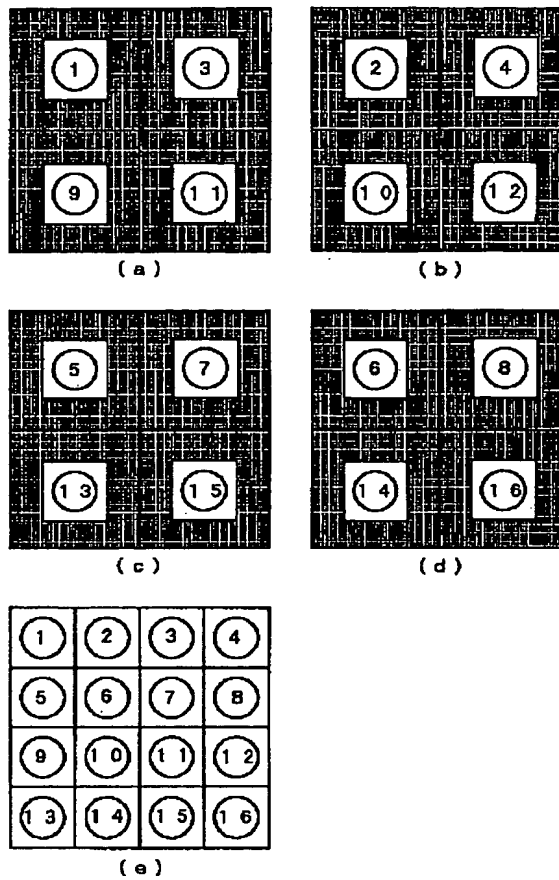
【図 21】



【図 24】



【図 2 3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

H 0 4 N 9/31

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 4 N 9/31

技術表示箇所

C

(72) 発明者 藤曲 啓志

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

THIS PAGE BLANK (USPTO)